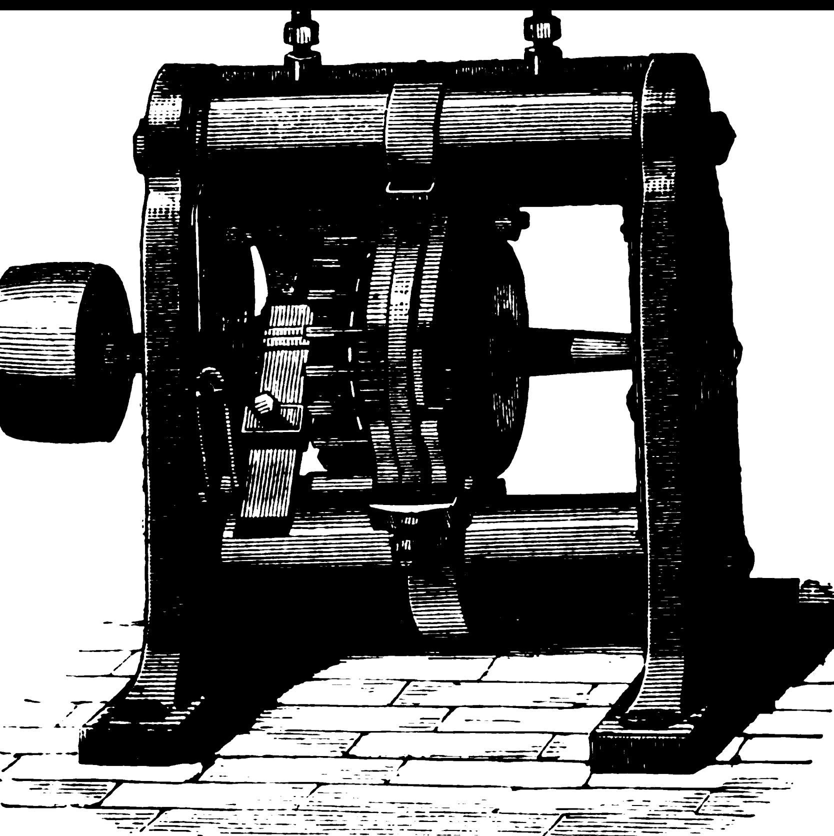
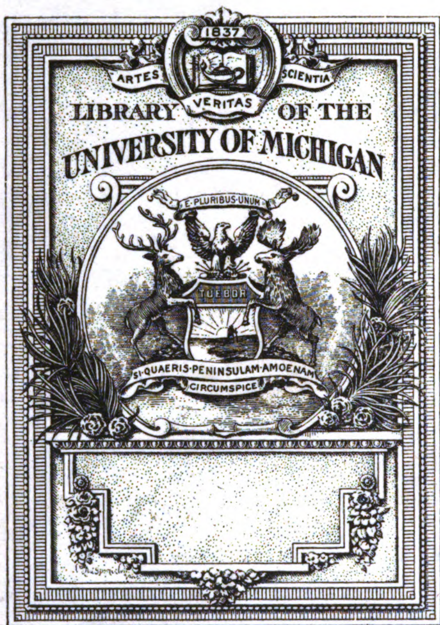


Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte auf den Gebieten ...


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Dr. H. Gretschel, Bergrath, Professor an der Bergakademie in Freiberg.

und

Dr. G. Wunder, Director der k. k. Staatsgewerbschule in Reichenberg.

Zwölfter Jahrgang.





Mit 31 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1876.

Vorwort.

Indem wir den zwölften Jahrgang des Jahrbuchs der Erfindungen dem Publikum übergeben, haben wir nur wenige Bemerkungen vorauszuschicken.

Wie in einigen der früheren Jahrgänge bereits ist auch diesmal der besondere Abschnitt „Mechanik und Maschinenlehre" in Wegfall gekommen, um nicht durch eine besondere Behandlung dieser ebenso umfangreichen als wichtigen Disciplin Erwartungen zu erwecken, die wir auf dem beschränkten uns zu Gebote stehenden Raume nur zum geringsten Theile befriedigen konnten. Daß wichtige oder interessante Erscheinungen auf diesem Gebiete dessenungeachtet in dem Jahrbuche ihren Platz finden können, werden die Leser aus dem vorliegenden Jahrgange ersehen.

Der Meteorologie, die diesmal keinen Platz finden konnte, soll im nächsten Jahrgange eine ausführlichere Darstellung gewidmet werden.

Mit dem Wunsche, daß auch dieser Jahrgang eine freundliche Aufnahme finden möge, übergeben den Lesern ihr Werkchen

Freiberg und Reichenberg, Anfang October 1876.

Die Verfasser.

Notiz.

Additionsstifte, die den auf S. 82 beschriebenen ähnlich sind, liefert der Mechanikus Oskar Leuner in Dresden, Rosenweg 22, für 12 Mark.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meteorologie.

Chemie und chemische Technologie.

Jahrbuch der Erfindungen.



I.

Astronomie.

Die neuentdeckten Planeten des Jahres 1875.

An Reichthum planetarischer Entdeckungen in der Gruppe zwischen Mars und Jupiter hat das Jahr 1875 alle früheren Jahre übertroffen; es sind in demselben folgende siebzehn Planeten aufgefunden worden:

(141) Lumen, am 13. Januar von Paul Henry auf der Pariser Sternwarte entdeckt und später von Paul und Prosper Henry und Baillaud daselbst weiter beobachtet.

(142) Polana, am 28. Januar von J. Palisa in Pola als Sternchen 12. Größe aufgefunden, später wiederholt beobachtet.

(143) Adria, von demselben am 23. Februar entdeckt, 24. Februar in Berlin, 28. in Leipzig u. s. w. beobachtet.

(144) Vibilia, am 4. Juni von C. H. F. Peters auf dem Litchfield-Observatorium in Clinton, New-York, entdeckt, 11. Größe; in Europa zuerst von Borrelly in Marseille, 7. Juni, beobachtet.

(145) Adeona, gleichfalls von Peters entdeckt, 5. Juni, 12. Größe, in Clinton weiter beobachtet.

(146) Lucina, von Borrelly in Marseille am 8. Juni gefunden, 11. Größe; dort weiter beobachtet.

(147) Protogeneia, am 11. Juli von L. Schulhof in Wien entdeckt, 12. Größe; später in Wien, Pola, Berlin u. a. O. beobachtet.

(148) Gallia, am 8. August von Prosper Henry in Paris entdeckt, 11. Größe; später noch mehrfach beobachtet.

(149) unbenannt, am 21. September von Perrotin in Toulouse entdeckt, 13. Größe, vielleicht identisch mit (77) Frigga, welche am 12. November 1862 von Peters in Clinton entdeckt wurde, seitdem aber verloren worden ist.

(150) unbenannt, am 19. October von James C. Watson in Ann Arbor, Michigan, entdeckt, später auch anderwärts, Pola 26. und 31. October, Düsseldorf, Berlin u. s. w. beobachtet.

(151) Abundantia, am 1. November von Palisa in Pola entdeckt, in der folgenden Nacht in Berlin und später noch mehrfach beobachtet.

(152) Atala, von Paul Henry in Paris am 2. November entdeckt. Tietjen in Berlin hielt den Planetoiden anfangs für identisch mit der verlorenen Dike (99); die Bahnberechnung von Bossert in Paris hat aber bewiesen, daß man es mit einem neuen Planetoiden zu thun hat.

(153) Hilda, am 2. November von Palisa in Pola entdeckt, nachher mehrfach beobachtet, 13. Größe. Gleich die ersten vorläufigen Rechnungen ergaben eine sehr große Umlaufszeit dieses Planetoiden, welches Resultat auch durch die späteren Beobachtungen bestätigt wurde. Nach den Berechnungen von F. Kühnert in Wien, welche die Beobachtungen bis Schluß 1875 darstellen, beträgt die mittlere Entfernung der Hilda von der Sonne 3,9504 Erdbahnhalbmesser und ihre Umlaufszeit 2868 Tage. Letztere ist größer als die irgend eines bekannten anderen Planetoiden, während Flora (8) die geringste Umlaufszeit von 1193 Tagen hat. Die Bahn der Hilda hat ferner die Eigenthümlichkeit, daß sie sich in ihrem Aphel bis auf 0,864 Erdbahnhalbmesser der Jupitersbahn nähert. Dieser Abstand ist kleiner als bei irgend einem anderen Planetoiden. Bei vielen Planetoiden mit großer Umlaufszeit kann die Annäherung des Aphels an die Jupitersbahn nicht beträchtlich sein, weil die Bahn mit der Jupitersbahn einen zu großen Winkel bildet. Nach der Hilda zeigte die größte Annäherung Freia (76) = 1,24 und Cybele (65) = 1,31 Erdbahnhalbmesser; größer ist die kleinste

Entfernung schon bei Themis (24), nämlich ungefähr 1,5 Erdbahnhalbmesser. Sobald nun der Jupiter und einer der genannten kleinen Planeten gleichzeitig in die einander nächst liegenden Theile ihrer Bahnen kommen, muß der kleine Planet vom Jupiter eine bedeutende Störung erleiden; es können daher die Beobachtungen der Bewegung der kleinen Planeten zur genaueren Bestimmung der Jupitersmasse benutzt werden, wie dies Krüger bei Themis durchgeführt hat (s. Jahrg. X des Jahrb., S. 24). Hilda erscheint nun auf den ersten Blick hierzu vorzüglich geeignet; leider steht eine so bedeutende Annäherung derselben an den Jupiter selbst, wie sie bei den Bahnen stattfindet, auf eine lange Reihe von Jahren hin nicht zu erwarten.

(154) unbenannt, am 4. November von Prosper Henry in Paris entdeckt, 12. Größe.

(155) unbenannt, am 8. November von Palisa in Pola entdeckt, 12. Größe. Die Existenz dieses Objectes ist indessen noch zweifelhaft, Palisa hat dasselbe vom 5. bis 9. December vergebens gesucht, und Tietjen konnte aus den vorhandenen Beobachtungen keine elliptischen Elemente finden; diese Beobachtungen gehören vielleicht verschiedenen Körpern an.

(156) Xantippe, ebenfalls von Palisa entdeckt am 22. November, 12. Größe, mehrfach beobachtet.

(157) Dejanira, am 1. December von Borrelly aufgefunden, 13. Größe, dann weiter beobachtet.

Von den früher aufgefundenen Planetoiden sind mehrere wieder verloren gegangen, nämlich (66) Maja, (77) Frigga, (99) Dike und (107) Camilla, 22 andere sind nur in einer Erscheinung beobachtet worden.

Die Benutzung der kleinen Planeten zur Bestimmung der Jupitermasse, deren Werth allerdings nur noch mit einer geringen Unsicherheit behaftet ist, wurde schon erwähnt. Ausführlich hat diesen Gegenstand G. W. Hill behandelt*). Aber auch die Masse des Mars kann aus der Bewegung einiger Planeten berechnet werden, wie dies Assaph Hall näher angegeben hat**). Derselbe findet, daß (20) Massalia,

*) Memoirs of the Boston Academy, Vol. IX, p. 417.
**) Astron. Nachr. Bd. 86, S. 327.

(60) Echo, (83) Beatrix und (118) Peitho sich am besten zu dieser Bestimmung eignen.

Bahnelemente der im Jahre 1875 entdeckten Planetoiden.

Nummer und Name des Planetoiden	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn gegen die Erdbahn	Halbe große Achse der Bahn	Excentricität	Siderische Umlaufszeit	Berechner
(141) Lumen	22° 38′	318° 59′	11° 33′	2,7095	0,2233	1629 Tage	H. Renan, Comptes rend. LXXX
(142) Polana	227 23	292 36	2 17	2,3873	0,1054	1347 „	Knorre
(143) Adria	223 20	333 44	11 24	2,7735	0,0859	1687 „	Palisa, Astr. Nachr. Nr. 2040
(144) Vibilia	8 21	76 50	4 52	2,6501	0,0666	1575 „	Tietjen
(145) Adeona	118 8	77 43	14 24	2,6939	0,2126	1615 „	Porter, dies. Nr. 2056
(146) Lucina	237 38	84 18	12 42	2,7077	0,0672	1627 „	Stephan, dies. Nr. 2048
(147) Protogeneia	84 43	252 29	1 57	3,1254	0,0296	2020 „	Schulhof, dies. Nr. 2052
(148) Gallia	39 36	145 18	25 57	2,8068	0,2028	1717 „	Knorre, dies. Nr. 2055
(149)	—	—	—	—	—	—	
(150)		207 55	2 2	2,986	...	1885 „	Nature XIII, p. 227
(151) Abundantia		40 2	7 52	2,582	...	1516 „	„
(152) Atala	80 0	41 29	12 10	3,1320	0,0822	2024 „	Bossert, Comptes rend. LXXXI
(153) Hilda	285 2	228 21	7 51	3,9504	0,1631	2868 „	Kühnert, Astr. Nachr. Nr. 2075
(154)		37 35	20 49	3,222	...	2112 „	Nature XIII, p. 227
(155)		40 16	8 52	...	...	...	„
(156) Xantippe		246 11	7 29	2,990	...	1932 „	„
(157) Dejanira	109 12	62 25	11 50	2,5856	0,2199	1519 „	Stephan, dies. Nr. 2073

Die großen Planeten und ihre Monde.

Venus. — Die Wahrnehmungen während der Beobachtung des letzten Venusdurchganges durch die Sonne haben die Frage nach der Ausdehnung und Dichte der Venusatmosphäre aufs Neue angeregt. Eine umfassende Bearbeitung des gewonnenen Materiales ist indessen noch nicht vorhanden und es soll an dieser Stelle vorläufig nur auf den Bericht aufmerksam gemacht werden, den James C. Watson am 13. September vor. J. der Pariser Akademie über seine in Peking angestellten Beobachtungen erstattet hat.*)

Als beim dritten Contact der Lichtstreifen zwischen Venus und dem Rande der Sonne auf ungefähr eine Bogensecunde reducirt war, wurde derselbe durch zitternde Schatten unterbrochen. „Die Erscheinung begann mit einem einzigen Schatten, der sich an der schmalsten Stelle des Lichtstreifens zeigte und an Dicke zunahm in dem Maße, wie der Streifen schmaler wurde. Es waren keine dauernden, sondern oscillirende Schatten, die sich nach den Radien der Venus zu verschieben schienen. Sie waren ganz unabhängig und verschieden von den Wallungen des Sonnenrandes. Die erste dunkle Linie zeigte sich 24,5 Sec. vor der Bildung der Hörner und dauerte nur einen Augenblick. Das Bild war deutlich und scharf begrenzt im Fernrohr, obwohl der Sonnenrand wallend war. Während dieser 24,5 Sec. wurden die Schatten immer zahlreicher und schräger, aber man sah fortwährend die Lichtlinie, ausgenommen in den kurzen Augenblicken, wo sie, wie angegeben, verschwand. Im Augenblicke des dritten Contactes wurde die Lichtlinie dauernd und plötzlich unterbrochen, und die Hörner bildeten sich augenblicklich. Sie waren dann vollkommen spitz und man sah keine Spur des schwarzen Bandes, welches in den Beobachtungen des vorigen Jahrhunderts beschrieben worden ist. Indessen wurde „als die Schatten aufgehört und scharf zugespitzte Hörner sich gebildet hatten, der Raum zwischen den Hörnern nicht mit einem Male, ohne Uebergang schwarz; vielmehr war derselbe 15 Sec. lang mit einer sehr deutlichen grauen Farbe bedeckt." Watson bezeichnete diese Erscheinung sofort als Däm-

*) Comptes rendus LXXXI, p. 466.

merung und glaubte, daß die Corona und die Chromosphäre der Sonne eine Rolle dabei spielten; bei weiterem Nachdenken kam er aber zu der Ueberzeugung, daß die Atmosphäre der Venus die Ursache sei.

Durch den Einfluß der Venusatmosphäre muß der scheinbare Durchmesser der Venus vergrößert werden, „denn die Sonnenstrahlen, welche in die unteren Schichten der Venusatmosphäre gedrungen sind, schneiden sich in einem Brennpunkte zwischen dem Beobachter und dem Planeten.“ Zugleich veranlassen diese Strahlen eine schwache Erleuchtung der Venusscheibe, daher man dieselbe bisweilen nicht nur vor der Sonnenscheibe, sondern auch vor dem Eintritte schon hat sehen können. Es müssen diese Lichtstrahlen auch eine Corona rings um die Venus bilden, und Watson versichert, daß er diese Erscheinung zu wiederholten Malen während des Vorüberganges beobachtet hat. Nach diesen Bemerkungen schildert Watson die Reihenfolge der Erscheinungen, welche während eines Venusdurchganges in Folge des Einflusses der Atmosphäre des Planeten eintreten müssen.

„Nach dem Eintritte des Planeten in die Sonnenscheibe, in der Nähe des zweiten Contactes, muß die Brechung des Lichtes durch die Venusatmosphäre oberhalb der Theile, welche die Zunahme des scheinbaren Durchmessers des Planeten veranlassen, die Hörner wegnehmen und bewirken, daß der Sonnenrand sichtbar wird noch vor dem wirklichen Contact der bedeckenden Scheibe. Das schmale Band, welches so durch optische Erhebung hervorgebracht wird, muß von Schatten durchbrochen und bis zum Contact immer heller und heller werden. Erst wenn der Sonnenrand sich über dem Horizonte der Venus erhebt, können diese Störungen aufhören. Bevor der Rand der Sonnenscheibe durch Brechung sichtbar wird, muß die Erleuchtung der Venusatmosphäre eine Art Dämmerung erzeugen, die zwischen den Hörnern sichtbar wird.“ Dieselben Erscheinungen müssen sich, nur in umgekehrter Ordnung, beim dritten Contact wiederholen.

Watson hat auch versucht, die Ausdehnung der Venusatmosphäre und ihren Einfluß auf den Zeitpunkt der Berührung zu ermitteln. In ersterer Hinsicht findet er nun, daß der Theil der Atmosphäre, welcher undurchsichtig wird und so

die Dimensionen der Planetenscheibe vergrößert, gleich $\frac{1}{700}$ des Halbmessers oder ungefähr 88 Kilom. beträgt. „Die Dämmerung, die sich zwischen den Hörnern gezeigt hat, muß von einer Höhe der Atmosphäre herrühren, welche sehr nahe diesen Werth hat. Setzt man nämlich eine scheinbare Höhe von 1/2 Bogensecunde voraus, so findet man, daß die Dämmerung 14 Secunden dauern muß; ich habe sie beim dritten Contact 15 Secunden lang beobachtet.“

Der Mond der Venus, mit dem man sich im vorigen Jahrhundert viel beschäftigt hat, der aber seit dem Jahre 1764 von Niemand beobachtet worden ist, weshalb ihn auch Humboldt im „Kosmos“ zu den „astronomischen Mythen einer unkritischen Zeit“ rechnet, ist Gegenstand einer Schrift des Dr. F. Schorr in Königsberg*). Der Verfasser ist der Ansicht, daß die Venus wirklich einen Mond besitzt, der in ungefähr 12 Tagen einen Umlauf macht. Diese Ueberzeugung gründet er einestheils auf die Mittheilungen über ältere Beobachtungen des Venusmondes; sodann auf die Wahrnehmung von Flecken auf der Venusscheibe, die er als Vorübergänge des Trabanten deutet; endlich auf das aschfarbene Licht, welches bisweilen auf der Nachtseite der Venus sichtbar ist (vergl. S. 5 des vor. Jahrg. dieses Jahrb.) und welches er mit Klein durch die Beleuchtung der dunkeln Seite des Planeten durch den Mond erklärt.

Schorr hat eine große Zahl älterer Beobachtungen des angeblichen Venusmondes zusammengestellt. Der Erste, der eine solche Beobachtung machte, ist der Neapolitaner Franz Fontana, der am Abende des 15. November 1645 den Venusmond über dem Hauptplaneten zu sehen glaubte. Der zweite Beobachter war kein Geringerer als der berühmte Dominique Cassini. Derselbe erblickte den Mond am 24. Februar 1672 durch das 24 Fuß lange Teleskop der Pariser Sternwarte in gehörnter Gestalt westlich von der Venus; 14 1/2 Jahr später, am 27. August 1686, nahm er ihn wieder wahr. Die Seltenheit der Erscheinung befremdete zwar Cassini; dennoch war er fest von der Richtigkeit seiner Wahrnehmungen überzeugt und glaubte, „der neu entdeckte

*) Schorr, Der Venusmond. Braunschweig, 1875.

Mond müsse selten Licht genug zurückwerfen, um ihn sehen zu können," eine Erklärung, die im folgenden Jahrhunderte Lambert ganz befriedigend fand. Mehr denn 54 Jahre verstrichen, ehe der Venusmond wieder gesehen wurde. Erst am 3. November 1740 wurde derselbe wieder beobachtet, und zwar von Short in London, dem berühmtesten Optiker seiner Zeit; derselbe nahm mit einem Gregory'schen Fernrohre genaue Distanz- und Positionsbestimmungen vor. Indessen berichtet Lalande, daß Short im Jahre 1763 nicht mehr an die Existenz des Venusmondes geglaubt habe. Weitere Beobachtungen wurden gemacht von Andreas Meier in Greifswald mit einem Gregory'schen Fernrohr am 20. Mai 1759, von Montaigne in Limoges mit einem Fernrohr von 9 Fuß am 3., 4., 7. und 11. Mai 1761, von Rödkier in Kopenhagen am 3. und 4. März 1764, von Horrebow und drei Anderen am 10. und 11. März 1764 in Kopenhagen, sowie von Montbarron in Auxerre am 15., 28. und 29. März 1764. Außerdem will noch A. Scheuten in Crefeld mit mehreren Freunden während des Venusdurchganges durch die Sonne am 6. Juli 1761 mittels eines gewöhnlichen Fernrohrs den Trabanten drei Stunden lang vor der Sonne gesehen haben. „Er kam mir", schrieb Scheuten am 14. November 1775 an Lambert, „so schwarz, rund und distinct vor als Venus, aber viel kleiner, ungefähr 1/4 so groß. Er sah auch den Sonnenflecken, welche ich vielmal gesehen, gar nicht ähnlich. Auch kam sein Lauf mit dem der Venus überein; er war aber etwas geschwinder." Den sehr bestimmten Angaben Scheuten's gegenüber bleibt nur das Hauptbedenken, daß keiner der zahlreichen Astronomen, die den Venusdurchgang damals beobachteten, eine ähnliche Wahrnehmung erwähnt. Pater Hell in Wien, der sich vergeblich bemühte, den Venusmond zu Gesicht zu bekommen, sah bisweilen in seinen Instrumenten Spiegelbilder der Venus; er hat in Folge dessen 1766 in seiner Abhandlung „De Satellite Veneris" die Möglichkeit näher erörtert, die Beobachtungen des Venusmondes durch den Reflex des Venuslichtes auf das Augenglas des Beobachters zu erklären. Eine so grobe Täuschung erscheint freilich bei so erfahrenen Beobachtern wie Cassini und Short kaum glaublich. Klein hat dagegen kürzlich auf

die Möglichkeit aufmerksam gemacht,*) „daß eine Spiegelung der hellen Venus außerhalb des Fernrohres, durch einen gewissen Zustand der Atmosphäre bedingt, bisweilen eintreten könne, und daß ein so entstandenes Spiegelbild den Eindruck eines Venustrabanten macht."

Lambert war von der Existenz eines Venusmondes fest überzeugt und berechnete aus den Beobachtungen von Montaigne die Bahn desselben. Dieser Rechnung zufolge sollte der Trabant in einer mittleren Entfernung von 66,5 Venushalbmessern in 11 Tagen 5 Stunden eine elliptische Bahn von 0,195 Excentricität beschreiben; den Durchmesser des Mondes gab Lambert zu 0,28 Erddurchmessern an.

Den ersten dunkeln Fleck am südlichen Horne der Venussichel erblickte Fontana am 25. December 1645. Ferner sah Bianchini am 27. Februar 1726 einen dunkeln Fleck auf der Venusscheibe und ebenso Bode am 5. April und 24. Mai 1788. Dagegen bemerkte Dominique Cassini am 14. October 1666 und 28. April 1667 helle Punkte auf der Venus; Lahire beobachtete am 17. November 1700 eine kleine Hervorragung am südlichen Horn. Schröter fand am 28. December 1789 das südliche Horn abgerundet mit einem entfernten Lichtpunkte, den er für einen Berg von 4,1 Meile Höhe in der Nachtseite des Planeten hielt. Aehnliche Wahrnehmungen machte derselbe am 21. Februar und 12. März 1790, 16. und 19. Mai 1793, 20. und 22. December 1794. Am 9. März 1790 bemerkte er am südlichen Horn eine hakenförmige Hervorragung; am 27. December 1791 fand er das südliche Horn abgerundet und es blinkte ein helles Pünktchen hervor, nach etwa 2 Stunden aber hatte das Horn wieder seine frühere Gestalt. Ferner sahen Schröter und Harding am 7. Mai 1799 einen hellen Punkt in der Mitte der dunkeln Venusphase, und Fritsch bemerkte am 9. Juni desselben Jahres an der Erleuchtungsgrenze eine größere helle Hervorragung mit zwei dunkeln daneben. Diese Wahrnehmungen hat man früher auf Venusberge gedeutet; namentlich hat dies Schröter gethan, während der ältere Herschel diese Berge bestimmt in Abrede stellte. Schorr hält

*) Wochenschr. für Astronomie ꝛc. Jahrg. 1875, S. 399.

die Lichtpunkte an der Lichtgrenze für Erscheinungen des Venustrabanten. Ebenso will er das auffallend helle Licht, welches Venus in den Jahren 1630, 1700, 1716, 1777 und 1798 gezeigt hat, durch den vereinten Glanz des Planeten und seines Mondes erklären.

Auch eine von Chardalou, Louville und Delisle bei Gelegenheit einer Bedeckung der Venus durch den Mond gemachte Wahrnehmung glaubt Schorr als einen Beweis von dem Vorhandensein eines die Venus umkreisenden Begleiters, der von einer dichten Atmosphäre umgeben ist, ansehen zu dürfen. Diese Beobachter sahen nämlich, wie die weiß- und hellglänzende Venus plötzlich und auf länger als eine Minute ihre Farbe änderte, als sie dicht an den Mond herantrat. Der dem Monde zugewandte Rand erschien roth, der andere blau gefärbt; dieselbe Färbung zeigten die Ränder auch beim Austritt. Dominique Cassini glaubte, daß die Beobachter den Planeten nicht genau in der Mitte ihrer Fernröhre sahen und daß die Erscheinung eine Folge der Lichtbrechung in den Objectiven gewesen sei, eine Erklärung, die völlig befriedigend scheint.

Endlich hat Schorr auch noch eine reichhaltige Zusammenstellung von Beobachtungen des aschfarbenen Schimmers auf der Nachtseite der Venus. Wenn man denselben mit Klein und Schorr durch Beleuchtung von Seiten des Venustrabanten erklärt, so muß die verhältnißmäßig seltene Wahrnehmung dieser Erscheinung befremden. So hat z. B. Winnecke die Venus seit 24 Jahren mit den verschiedensten Fernrohren und unter allen Verhältnissen gewiß viele hundert Mal beobachtet, zum Theil in der Absicht, das aschfarbene Licht zu sehen, und hat doch nur zwei Mal im Laufe desselben Vierteljahrs die Erscheinung beobachten können.

Sicher gestellt ist durch diese Arbeit die Existenz des Venusmondes noch keineswegs, das kann nur durch Beobachtung mit genügend kräftigen Fernröhren geschehen; das Werk von Schorr giebt aber eine fleißige Zusammenstellung des Materiales, welches uns bisjetzt zur Beurtheilung der Frage zu Gebote steht.

Die Erde. — Wir haben hier ein Paar Arbeiten über die Rotationsdauer unseres Planeten kurz zu erwähnen.

Hugo Gildén hat die Theorie der Achsendrehung unter der Voraussetzung behandelt, daß Dislocationen im Innern der Erdmasse stattfinden, wodurch die Hauptträgheitsmomente geändert werden.*)

Ferner hat bereits 1870**) Newcomb darauf aufmerksam gemacht, daß in der Bewegung des Mondes scheinbar Ungleichheiten von langer Periode bestehen, welche nicht durch die bisjetzt in Rechnung gezogene Anziehung bekannter Körper des Sonnensystems zu erklären sind. Entweder können nun zeither gewisse Wirkungen der Gravitation übersehen worden sein, oder die Bewegung des Mondes wird noch durch andere Kräfte als die Gravitation beeinflußt, oder die erwähnten Ungleichheiten erklären sich durch unregelmäßige Schwankungen von langer Periode in der Dauer des Sterntages. Die zweite Hypothese hat deshalb wenig Wahrscheinlichkeit, weil derartige Kräfte eher entweder regelmäßige Ungleichheiten von kurzer Periode oder fortschreitende säculare Veränderungen erzeugen würden, als die beobachteten sehr langsamen und unregelmäßigen Aenderungen. Aber auch die erste Hypothese ist wahrscheinlich unzuläſſig, denn nach den Newcomb'schen Untersuchungen erscheint es unwahrscheinlich, daß andere durch planetarische Anziehung erzeugte Ungleichheiten von langer Periode in der Bewegung des Mondes existiren, außer der durch die Venus verursachten, welche Hansen entdeckt hat. Es würde sonach nur die dritte Hypothese, die Veränderlichkeit der Dauer des Sterntages übrig bleiben. Es muß bemerkt werden, daß die hier in Frage kommenden Aenderungen des Sterntages verschieden sind von der ganz minimalen Vergrößerung desselben durch den Einfluß der Ebbe und Fluth, auf welche Kant zuerst aufmerksam gemacht hat und welche Adams und Delaunay nachgewiesen haben (vergl. Jahrg. III dieses Jahrb. S. 28). Newcomb hat nun geglaubt, einen directen Beweis für seine Hypothese aus den Beobachtungen der Verfinsterungen des ersten Jupitermondes ableiten zu können. Zu einer erschöpfenden Durchführung dieses Beweises würde freilich eine völlig neue

*) Verh. der Akad. der Wissensch. zu Upsala 1871, April 5.
**) American Journ. of Science 1870, Sept.

Untersuchung der Theorie und der Beobachtungen der Jupitermonde gehören. Ein günstiger Umstand erleichtert indessen die Sache und macht auch ohne diese Arbeit eine befriedigende Anwendung des Beweises möglich. Wenn nämlich die Ungleichheiten in der Mondbewegung wirklich in Veränderungen des Sterntages ihre Erklärung finden, so muß die auffallendste und plötzlichste Aenderung um das Jahr 1860 stattgefunden haben. Während die Rotation der Erde in den vorhergehenden 10 oder 20 Jahren eher langsamer war als im Mittel, muß dann eine plötzliche Beschleunigung eingetreten sein. Auf Veranlassung Newcomb's hat nun der gerade mit einer speciellen Arbeit über den ersten Jupitermond beschäftigte Dr. Glasenapp in Pulkowa aus den Abweichungen, die bei diesem Trabanten zwischen der Theorie und den Beobachtungen stattfinden, Zeitcorrectionen berechnet, welche einen ganz ähnlichen Gang zeigen, wie die von Newcomb aus der Mondbewegung abgeleiteten, wenngleich die absoluten Werthe differiren. Es ist nicht zu verkennen, daß darin eine gewisse Stütze der Newcomb'schen Hypothese liegt. Auch bei Gelegenheit einer anderen Untersuchung der Mondbewegung rücksichtlich gewisser an den Störungscoëfficienten der Hansen'schen Mondtafeln angebrachten Correctionen glaubt Newcomb Belege für die Hypothese unregelmäßiger Aenderungen der Erdrotation gefunden zu haben.*)

Mars. — Eine größere Arbeit über die dunkeln Flecke des Mars hat Dr. F. Terby veröffentlicht.**) Derselbe hat gesucht, alle vorhandenen Zeichnungen über die Marsoberfläche zu sammeln und zu discutiren. Es ist ihm dies soweit gelungen, daß seine Sammlung 1092 Zeichnungen umfaßt und bis auf die Zeit der ersten Entdeckung dunkler Flecke auf dem Planeten durch Fontana 1636 zurückreicht. Besonders bemerkenswerth sind 13 Federzeichnungen von

*) Das im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. erwähnte Werk über den Mond von Nasmyth und Carpenter ist inzwischen in deutscher Ausgabe erschienen: Der Mond, betrachtet als Planet, Welt und Trabant v. J. Nasmyth und J. Carpenter. Autorisirte deutsche Ausgabe mit Erläuterungen und Zusätzen von Dr. H. J. Klein. Leipzig 1876.

**) Mém. des étrangers de l'Acad. de Belgique. T. 39.

Huygens, einem Manuscript-Journale entnommen, und 217 noch nicht veröffentlichte Zeichnungen Schröters, sowie aus der neuesten Zeit 69 prächtige Zeichnungen von Julius Schmidt in Athen.

Jupiter. — C. Flammarion hat am 15. und 22. November der Pariser Akademie Bericht erstattet über die Beobachtungen, die er an diesem Planeten während der Oppositionen 1874 und 1875 mit einem Foucault'schen Teleskope von 20 Centimeter Oeffnung bei 100- bis 300facher Vergrößerung angestellt hat.*) Als allgemeine Erscheinung, die sich bei allem Wechsel geltend machte, führt Flammarion für 1874 an, daß zwei Streifen sich über die Aequatorialgegend erstreckten, von denen der nördlichere gelb und sehr hell, der südliche dagegen sehr dunkel, von kastanien- oder chokoladenbrauner Färbung war. Diese beiden Streifen, welche sich bis zum 21. April berührten, zeigten sich dann von einander geschieden durch eine weiße Zone von wechselnder Breite. Eine andere beachtenswerthe Thatsache war die Verschiedenheit der Färbung der beiden polaren Calotten: die nördliche Calotte hatte stets eine veilchenblaue Färbung, während die südliche mehr gelb und weniger dunkel blieb. Der dunkelste Theil war stets der südliche tropische Streifen, und der hellste war die weiße nördliche Zone, welche oberhalb der Aequatorialstreifen lag. Flammarion erwähnt ferner des mehrfachen Auftretens weißer elliptischer Flecke, hinter denen sich jedesmal verschwommene und winkelige Schatten zeigten, die den Eindruck machten, als wenn sie auf stufenförmige Wolkenmassen fielen. Die gleiche Wahrnehmung machte Flammarion auch am 16. Mai 1875. Die Farben waren weniger ausgeprägt als 1874. Während der Opposition 1875 zeigte sich in der Aequatorialgegend gewöhnlich ein sehr breites orangefarbenes Band, welches fast 1/3 der Breite der Scheibe einnahm und auf beiden Seiten durch eine schmale weiße Zone begrenzt war; die Pole zeigten nicht mehr die Verschiedenheit des vorhergehenden Jahres.

Das große Interesse, welches die physischen Veränderungen auf der Jupitersoberfläche darbieten, hat die Astronomische

*) Comptes rendus LXXXI, p. 887, 958.

Gesellschaft in London zur Einsetzung eines besonderen „Jupiter-Comité's" veranlaßt, dem W. Huggins, E. B. Knobel, Lord Lindsay, Osw. Lohse, A. C. Ranyard, Lord Rosse, F. Terby und T. W. Webb angehören. Dasselbe hat durch Cirkular zu planmäßigen Beobachtungen des Jupiters und Einsendung der gewonnenen Zeichnungen und sonstigen Ergebnisse aufgefordert. An den südlichen Sternwarten wird es zunächst sein, dieser Aufforderung zu entsprechen, da der südlichen Declination des Planeten wegen die Beobachtungen in Europa in den nächsten Jahren wenig Ausbeute versprechen.

Nicht minderes Interesse als die Aenderungen der Zustände auf dem Jupiter selbst nehmen die Helligkeitsverhältnisse der Jupitermonde in Anspruch. Flammarion hat auch diese während der Opposition 1874 und 1875 mittels eines Silberspiegel-Teleskopes von 20 Centimeter Oeffnung mit etwa 100facher Vergrößerung beobachtet.*) Zunächst schließt er aus seinen Beobachtungen, daß die Oberflächen der vier Monde das Licht in sehr verschiedenem Grade reflectiren. Insbesondere erschien der vierte Satellit oft matt und nebelig und im Allgemeinen weniger hell als der erste und zweite, die doch kleiner sind. Seine Oberfläche ist auch weniger weiß als die des dritten Trabanten. „Wir können mit Sicherheit schließen, daß die Substanz, aus welcher der vierte Satellit besteht oder wenigstens die oberflächlichen und äußeren Schichten dieser Substanz dunkel und düster sind im Vergleich zu denen der drei anderen Satelliten." Diesen allgemeinen Angaben gegenüber mag an die Messungen erinnert werden, die R. Engelmann schon vor längerer Zeit mit dem Zöllner'schen Astrophotometer (vergl. Jahrg. II dieses Jahrb. S. 22) ausgeführt hat.**) Hiernach ist die Albedo, d. h. das Verhältniß des zurückgeworfenen zu dem auffallenden Lichte beim

ersten Mond	. . .	0,2203 ± 0,0140
zweiten „	. . .	0,2665 ± 0,0174
dritten „	. . .	0,1376 ± 0,0126
vierten „	. . .	0,0792 ± 0,0078

*) Comptes rendus LXXXI, p. 145. 233.
**) Ueber die Helligkeit der Jupitertrabanten. Leipzig 1871.

Beim Jupiter selbst ist die Albedo nach einer früheren Bestimmung von Zöllner 0,6238 ± 0,0355. Während also Jupiter etwa soviel Licht zurückstrahlt, wie weißes Papier, ist die Albedo der beiden innern Monde ungefähr die des weißen Sandsteins und der vierte Mond strahlt nicht mehr Licht aus als feuchte Ackererde.

Was die Aenderungen der Helligkeit anlangt, so sind dieselben nach Flammarion beim dritten Monde, dem größten, am unbedeutendsten, so daß man ihn als unveränderlich, 5,9. Größe, ansehen darf. Auch beim ersten und zweiten Monde ist es oft schwierig Helligkeitsunterschiede zu erkennen; doch sind sie beide weniger beständig als der dritte. Der erste ist im Mittel 6,8. Größe, der zweite 7. Größe. Die Ergebnisse seiner Beobachtung des vierten Mondes faßt Flammarion in den folgenden Sätzen zusammen: „Der vierte Jupitertrabant erleidet beträchtliche Aenderungen der Helligkeit und schwankt zwischen 6. und 10. Größe. Da seine Phasen, von der Erde gesehen, unmerklich sind, so schließen wir hieraus, daß seine physische Constitution absolut verschieden ist von der des Mondes.

„Es ist Wahrscheinlichkeit vorhanden, aber keine Gewißheit zu Gunsten der Hypothese, daß er sich wie unser Mond dreht, indem er dem Planeten immer dieselbe Fläche zukehrt. In diesem Falle wäre seine am stärksten leuchtende Hemisphäre diejenige, welche gegen die Sonne gekehrt ist, wenn sich der Planet in dem obern westlichen Viertel seiner Bahn befindet, und seine am wenigsten leuchtende Hemisphäre würde die sein, welche der Sonne zugewandt ist, wenn der Satellit im untern östlichen Viertel steht.

„Diese Hypothese trägt nicht allen Erscheinungen Rechnung, welche beobachtet worden sind, und es scheint dieser kleine Weltkörper atmosphärischen Umwälzungen ausgesetzt zu sein, welche seine reflectirende Oberfläche an jedem beliebigen Punkte seiner Bahn ändern können. Er ist zuweilen matt und nebelig."

Saturn. — Im Jahre 1874 theilte Leverrier der Pariser Akademie die Schlüsse mit, die er aus der Vergleichung seiner analytischen Theorie des Planeten Jupiter mit den in Greenwich und Paris während eines Zeitraumes von 120

Jahren angestellten Meridianbeobachtungen gezogen hat.*) Diese Beobachtungen werden hinlänglich genau durch die Theorie dargestellt. Aus diesen Untersuchungen ergab sich ferner ein Werth für die Saturnmasse, der etwas kleiner ist, als der von Bessel aus den Beobachtungen des Saturnmondes abgeleitete. Es ist nämlich die Saturnmasse nach der Bestimmung von

Bessell	Leverrier
$\frac{1}{3501,6}$	$\frac{1}{3529,56}$

der Sonnenmasse.

Nicht so genau, wie beim Jupiter, zeigt sich die Uebereinstimmung der Greenwicher und Pariser Meridianbeobachtungen mit der von Leverrier durchgeführten analytischen Theorie des Planeten Saturn. Es ist auch nicht gelungen, die Ursache dieser Abweichungen in Ungenauigkeiten oder Vernachlässigungen in der Theorie nachzuweisen, etwa so wie Leverrier früher beim Merkur die Abweichungen zwischen Theorie und Beobachtung durch die Annahme kosmischer Massen innerhalb der Merkursbahn beseitigte, oder beim Mars durch Vergrößerung der Sonnenparallaxe. Leverrier ist daher geneigt, die Abweichungen durch Beobachtungsfehler zu erklären, die hauptsächlich durch den Ring des Planeten verursacht sind. Es ist nicht möglich gewesen, aus den Meridianbeobachtungen des Saturn einen zuverlässigen Werth der Jupitermasse abzuleiten.**)

Die Saturnusmonde, mit Ausschluß des innersten, Mimas, sind im Sommer 1875 auf der Sternwarte zu Washington mit dem prachtvollen Clarck'schen Refractor, dessen Objectivglas 26 Zoll Oeffnung hat, beobachtet worden.***) Sehr schwierig waren die Beobachtungen des 7. Mondes, Hyperion, eines äußerst schwachen Objectes, welche in 40 Nächten vom 16. Juni bis 25. November angestellt wurden. Während der ganzen Dauer der Beobachtungen, vom 10. Juni bis 2. December konnte nur in einigen Nächten ein vorzügliches Bild des Saturn erlangt werden. Bei 610facher Ver-

*) Comptes rendus LXXVIII, p. 89.
**) dies. LXXXI, p. 349, 380.
***) Astron. Nachr. Bd. 87, Nr. 2076.

größerung waren der Ring und die Streifen auf dem Planeten scharf begrenzt; doch konnte A. Hall außer der Haupttheilung des Ringes nie mit Sicherheit eine andere erkennen. Der dunkle Ring hatte das Ansehen einer dunkelvioletten Masse mit flimmernden hellen Punkten. Hall bemerkt, daß die von A. Marth veröffentlichten Ephemeriden*) der Saturntrabanten, mit Ausnahme von Hyperion, ihm gute Dienste bei seinen Beobachtungen geleistet haben. Für Hyperion hält es Marth zur Zeit noch für unmöglich eine brauchbare Ephemeride zu geben, so lange keine fortgesetzten Reihen zuverlässiger Beobachtungen existiren. Der innerste Mond, Mimas, ist im September und October 1874 dreimal von Newcomb beobachtet worden; doch stimmen die Beobachtungen nicht mit der früheren Marth'schen Ephemeride in Nr. 1999 der Astron. Nachr., ohne daß die Quelle der Verschiedenheit bekannt ist.

Die Trabanten des Uranus und Neptun sind gleichfalls Gegenstand der Beobachtung mit dem Clarck'schen Refractor gewesen, und es hat Newcomb über diese Beobachtungen und die dabei gewonnenen Resultate Bericht erstattet.**) Es wurden Distanzen und Positionswinkel gemessen von den Uranusmonden

Ariel	an	8 Abenden	1874 Jan.	bis März	u. 1875	März	bis April
Umbriel	„	10 „	1874 Jan.	„ März	„ 1875	März	
Titania	„	34 „	1874 Jan.	„ Mai	„ 1875	März	„ Mai
Oberon	„	32 „	1874 Jan.	„ Mai	„ 1875	März	„ April.

Als wahrscheinlichste Werthe für die mittleren Distanzen von dem Hauptplaneten und die Umlaufzeiten ergaben sich für

	Distanz	Umlaufszeit
Ariel	13"78 . .	2,520383 Tage
Umbriel . . .	19 20 . .	4,144181 „
Titania . . .	31 48 . .	8,705897 „
Oberon . . .	42 10 . .	13,463269 „

Die übrigen Elemente sind unter der Annahme kreisförmiger Bahnen:

Epoche 1871 Dec. 31, 0 mittl. Washingtoner Zeit

	Ariel	Umbriel	Titania	Oberon
mittl. Länge	21° 83	136° 52	229° 93	154° 83
Neigung der Bahn gegen den Erdäquator (Aeq. 1850) .	74 36	75 57	75 06	75 21
Länge des aufsteig. Knotens .	167 16	164 26	165 15	165 03

*) Astron. Nachr. Bd. 86, Nr. 2043—44.
**) Washington Observat. 1873, Appendix I. Washington 1875.

Newcomb findet ferner aus seinen Beobachtungen für die Masse des Uranus als wahrscheinlichsten Werth

$$\frac{1}{22600 \pm 100}$$

von der Sonnenmasse, was ziemlich übereinstimmt mit dem Werthe $\frac{1}{22692}$, den von Asten aus den Struve'schen Beobachtungen abgeleitet hat.*)

Aus Gründen, die weiter erörtert werden, findet es Newcomb „äußerst unwahrscheinlich, daß die Massen der Satalliten $\frac{1}{15000}$ der Masse des Planeten überschreiten."

Ueber die Anzahl der Uranustrabanten, die zu dem am schwersten wahrnehmbaren Objecten unseres Sonnensystems gehören, ist man lange in Ungewißheit gewesen; vielfach nahm man auf Grund der Beobachtungen des älteren Herschel die Existenz von 6 Trabanten an (vergl. Jahrg. X dieses Jahrb. S. 27). Obwohl nun in Washington keine systematischen Nachsuchungen nach anderen Satelliten angestellt worden sind, so glaubt Newcomb doch mit großer Gewißheit sagen zu können, daß innerhalb eines Abstandes von 2 Bogenminuten vom Planeten jenseits des Oberon kein Satellit existirt, der 1/3 der Helligkeit des letzteren hat.

Daß unter günstigen Umständen die Uranusmonde auch in Fernröhren mittlerer Größe sichtbar sind, haben die Beobachtungen von Dr. H. C. Vogel dargethan.**) Mit Hilfe des durch seine Lichtstärke ausgezeichneten Bothkamper Refractors gelang es demseben im März 1871, den äußersten Mond Oberon an 17 Abenden und Titania an 15 Abenden zu beobachten; auch wurden noch zu wiederholten Malen Positionsbestimmungen schwacher, in nächster Nähe des Planeten gelegener Sternchen vorgenommen, in denen Vogel die innern Monde Ariel und Umbriel vermuthete. Damals hatte derselbe keine Ephemeride der Uranusmonde zur Hand; als er aber die im Vol. XXXI der Monthly Notices abgedruckte Ephemeride von Marth vergleichen konnte, fand er die Beobachtungen von Oberon und Titania in unerwartet genauer

*) Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg. VII. Serie, Tome XVIII, No. 5.

**) Astron. Nachr. Bd. 87, Nr. 2068.

Uebereinstimmung mit derselben, der vermeinte Ariel aber zeigte Abweichungen von fast einem halben Umlaufe. Da nun durch die Beobachtungen von Newcomb die Richtigkeit der Marth'schen Ephemeride bestätigt wird, so können sich diese Beobachtungen nicht auf Ariel beziehen. Dagegen hat Vogel nachträglich zwei Beobachtungen vom 27. März und 10. April 1871 aufgefunden, die der Ephemeride zufolge wahrscheinlich dem Ariel gelten.

Aehnlich wie Newcomb beim Ariel, hat Vogel bei Titania wiederholt Helligkeitsverschiedenheiten beobachtet. Bei der entweder sehr dichten oder sehr ausgedehnten Atmosphäre des Hauptplaneten, die sich durch ein auffallendes Absorptionsspectrum kund giebt, ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch die Monde noch von Atmosphären umgeben sind, wie dies Vogel auf Grund spectroskopischer Untersuchungen auch bei den Jupitersmonden für wahrscheinlich hält.

Der Trabant des Neptun wurde in Washington vom November 1873 bis Februar 1874 häufig beobachtet. Die Bahn zeigte keine wahrnehmbare Ellipticität, weshalb Newcomb folgende kreisförmige Elemente berechnet hat:

Epoche 1874 Jan. 0, 0 mittl. Washingtoner Zeit

Radius der Bahn . .	16''275	± 0''018
mittlere Länge . . .	98° 96	± 0° 13
Länge des Knotens . .	183 03	± 0 14 + 0° 94 T
Neigung gegen Aeq. .	121 70	± 0 10 + 0 01 T
Tägl. Bewegung . .	61 25679	± 0 00008.

Von einem zweiten Neptunsmonde konnte keine Spur entdeckt werden, trotzdem, daß mehrfach sorgfältig nach einem solchen gesucht wurde.

Kometen.

Komet I 1875 ist der Encke'sche, der bei der vorjährigen Zurückkunft zum Perihel (13. April) als ein matter Nebel wahrnehmbar war. In Europa wurde er zuerst mittels der von Dr. E. von Asten in Pulkowa berechneten Ephemeride von Stephan mit dem mit einem neu polirten Silberspiegel ausgestatteten Foucault'schen Reflector der Sternwarte in Marseille am 27. Januar aufgefunden.*) Er hatte damals

*) Comptes rendus, LXXX, p. 314.

das Aussehen eines kleinen milchigen Nebels mit unbestimmtem Umrisse und ohne Verdichtungsstelle. Anderwärts konnte er erst viel später beobachtet werden: in Moskau verfolgte ihn Bredechin vom 25. Februar bis 9. April,*) Palisa in Pola nahm ihn am 26. Februar als einen schwachen, aber gut sichtbaren Nebel, anscheinend mit einem Kern, wahr. Bruhns sah ihn in Leipzig am 2. März nur äußerst schwach, am folgenden Abende aber war er heller, hatte ungefähr 2 Min. Durchmesser und zeigte hin und wieder aufleuchtende Punkte. Nach seinem Durchgange durch das Perihel wurde er auf der südlichen Halbkugel von John Tebbutt in Windsor, Neu-Süd-Wales, aufgefunden, am 7. Mai;**) er war äußerst schwach. Die letzte Beobachtung machte E. J. White***) auf der Sternwarte in Melbourne am 18. Mai.

Das Spectrum hat Dr. N. von Konkoly in O Gyalla, Ungarn, untersucht.†) Der Komet war Ende März so hell, daß er schon in der Dämmerung beobachtet werden konnte; er hatte einen gegen die Sonne sehr excentrisch gelegenen Kern, der einem Stern 12. Größe glich. Bei starken Vergrößerungen (von 300facher an) erschien er sehr granulirt. Schon am 26. März war ein von der Sonne abgewendeter Schweif wahrzunehmen, ungefähr von der Länge des Durchmessers. Das Spectrum war bedeutend heller als das des Kometen Coggia am 3. Juni 1875, es zeigte drei an den Rändern verwaschene Banden, deren Mitten die Wellenlängen von 561, 516 und 475,1 Milliontel-Millimeter besaßen. Ein continuirliches Spectrum war nicht zu beobachten.

Ueber die Bahn dieses Kometen hat schon seit mehreren Jahren Dr. E. von Asten umfassende Untersuchungen angestellt, bei denen das ganze bis dahin vorliegende Material benutzt worden ist.††) Die von diesem Gelehrten berechnete Ephemeride für die vorjährige Erscheinung des Kometen†††) beruht zum ersten Male seit 1848, wo Encke die strenge

---

*) Astron. Nachr. Bd. 85, Nr. 2039 u. Bd. 86, Nr. 2041.
**) Dies. Bd. 86, Nr. 2054; Nature, Vol. XII, p. 292.
***) Astron. Nachr. Bd. 86, Nr. 2052.
†) Dies. Bd. 85, Nr. 2036.
††) Dies. Bd. 85, Nr. 2038—39.
†††) Dies. Bd. 85, Nr. 2030.

Berechnung der Störungen abgebrochen hat, wieder auf Untersuchungen, welche mit gewissen Beschränkungen, welche durch die an diesen Kometen sich knüpfende physische Frage hervorgerufen sind, als erschöpfend gelten können. Um eine möglichst genaue Uebereinstimmung der vorausberechneten und der beobachteten Oerter des Kometen zu erzielen, hat von Asten die drei letzten Erscheinungen von 1865, 1868 und 1871 einer genauen Bearbeitung unterzogen, wobei er mehrere Störungen des Kometen durch Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn streng nach Hansen's Methode berücksichtigt hat. Die hierbei angewandten Planetenmassen sind folgende:

$$\text{Merkur} = \frac{1}{4360000}, \quad \text{Venus} = \frac{1}{401839}, \quad \text{Erde} = \frac{1}{355499},$$

$$\text{Mars} = \frac{1}{2680337}, \quad \text{Jupiter} = \frac{1}{1047,879}, \quad \text{Saturn} = \frac{1}{3501,6}.$$

Mit Ausnahme der Merkursmasse sind dies die alten, schon von Encke benutzten Werthe. Die Unterschiede der neueren Werthe von diesen älteren waren für den vorliegenden Zweck bedeutungslos. Anders war es bei der Merkursmasse. Für sie hat früher Encke, und zwar aus den Bewegungen des in Rede stehenden Kometen, den Werth von $\frac{1}{4865751}$ der Sonnenmasse abgeleitet, wogegen später Leverrier aus der Theorie der Planetenbewegung den obigen Werth ermittelt hat.*) E. von Asten hält diese Leverrier'sche Bestimmung für „die einzige auf einigermaßen solider Basis ruhende." Um aber später leicht den Einfluß einer anderen Annahme der Merkursmasse berücksichtigen zu können, sind die Merkursstörungen getrennt berechnet worden. Dieselben ergaben sich übrigens in der Periode von 1865 bis Anfang 1872 so unbedeutend, daß ihre Vernachlässigung das Resultat nicht merklich ändern würde.

Die Untersuchungen von Asten's haben nun zu dem überraschenden Resultate geführt, daß sich die Beobachtungen von 1865—71 in vollkommen befriedigender Weise durch die allgemeinen Bewegungsgesetze darstellen lassen, ohne andere Kräfte als

*) Annales de l'observatoire de Paris, Vol. VI, p. 308

die Anziehungen der bekannten Massen zu Hilfe zu nehmen. Die definitiven Elemente, welche sich für die drei Erscheinungen 1865, 68 und 71 ergaben sind folgende:

	Mittl. Berliner Zeit 1865, Aug. 19. 0	1868, Juni 14, 0	1871, Juli 15, 0
mittl. Anomalie $M =$	24° 46′ 13″ 75	332° 13′ 44″ 47	309° 57′ 33″ 65
aufst. Knoten . $\Omega =$	334 36 33 40	334 32 55 48	334 33 8 41
Perihel v. Knoten $\omega =$	183 31 23 68	183 40 0 79	183 39 22 22
Neigung d. Bahn $i =$	13 3 56 00	13 6 44 31	13 7 23 12
Excentricität . $e =$	0,8463012	0,8491290	0,8493480
mittl. tägl. Bewegung . . . $\mu =$	1073″86198	1079″02799	1079″71967

Der wahrscheinliche Fehler eines der Normalorte, auf denen die Ableitung dieser Elemente beruht, ergiebt sich $= \pm$ 3″44. Obwohl derselbe trotz seiner Kleinheit noch nicht völlig den wirklichen Beobachtungsfehlern zu entsprechen scheint, so hält E. von Asten doch die Darstellung der Positionen des Knotens durch diese Elemente für vorzüglich, „da schon die kleinen Unsicherheiten der angewandten Planetenmassen bei der Größe der Coëfficienten in den Bedingungsgleichungen bedeutendere Fehler zur Genüge erklären würden. So würde ... schon die Substitution der Jupitersmasse $\frac{1}{1050}$ an Stelle der Bessel'schen den wahrscheinlichen Fehler der Darstellung auf das Dreifache erhöhen. Wenn es daher fest stände, daß auf die Bewegung des Encke'schen Kometen andere Kräfte, als die allgemein bekannten, nicht einwirken, so müßte dem aus vorliegenden Untersuchungen abgeleiteten Werthe dieser Masse

$$m = \frac{1}{1047{,}611 \pm 0{,}171}$$

ein sehr beträchtliches Gewicht beigelegt werden." Indessen liegt für von Asten „vorläufig der Werth dieser Bestimmung vorzüglich in dem Umstande, daß sie mit den Zahlen von Bessel, Krüger und Möller (vergl. Jahrg. X dieses Jahrb., S. 25) fast zusammenfällt und daher denjenigen, der die Legitimität der drei letzteren Resultate nicht ansicht, zu dem weiteren Schlusse nöthigen muß, daß die mittlere Bewegung des Kometen beim Uebergang über das Perihel von 1868 keine Spur einer Acceleration erfahren hat." Es würde nämlich schon „die Annahme einer solchen von nur einem Zwanzigstel des Encke'schen Betrages den wahrscheinlichen Fehler der Darstellung verdoppeln."

So fest begründet dieses Ergebniß aber auch ist, da die Störungsrechnungen von Asten's durch unabhängige Wiederholungen bestätigt worden sind, so wäre es doch voreilig, daraus den Schluß zu ziehen, daß es möglich sei, die Bewegung des Kometen überhaupt durch die Gravitationstheorie allein darzustellen. Vielmehr hat sich von Asten bei weiteren Arbeiten überzeugt, „daß Encke im Wesentlichen Recht hatte, wenn er eine Beschleunigung der Umläufe seines Kometen aus seinen Rechnungen folgerte.“ Wenigstens ist es von Asten nur durch die Annahme, daß der Komet bei der Perihelpassage von 1865, 1862 und 1858 eine Acceleration von nahe dem Encke'schen Betrage erfahren habe, möglich gewesen, die Erscheinungen von 1861, 62, 1858 und 1859 mit denen von 1865 — 71 zu verbinden. „Daß dieselben Elemente und namentlich dieselbe mittlere Bewegung, welche aus 1865—1871 abgeleitet worden sind, ausgereicht habe, die erwähnten früheren Erscheinungen nahe darzustellen, wenn man annimmt, daß die mittlere Bewegung des Kometen bei den drei in Frage kommenden Perihelübergängen eine Acceleration von $\triangle \mu = + 0.09170$ erlitten hat“, das ist für von Asten „der durchschlagendste Beweis, daß das merkwürdige Phänomen des vollständigen Ausbleibens der Acceleration im Jahre 1868 eine Naturerscheinung ist und nicht etwa auf einen räthselhaften Fehler der Störungsrechnung zurückgeführt werden darf.“ Ein merkwürdiges Zusammentreffen von Umständen könnte vielleicht das Hervortreten eines solchen Fehlers während eines Zeitraumes von 6 Jahren verhindern, sicher aber nicht während 16, ja, wenn man die vorjährige Erscheinung des Kometen mitzählt, während 20 Jahren. Von Asten fügt noch ausdrücklich die Versicherung hinzu, daß er „keine Mühe gespart habe, um den Störungsrechnungen, welche im vorliegenden Falle ihre ganz eigenthümlichen Schwierigkeiten haben, alle mögliche Sicherheit zu geben.“ Er thut dies, um sich „von vornherein gegen Einwürfe, welche die Richtigkeit derselben angreifen, zu verwahren, wie sie in Encke's Fall oft genug gemacht worden sind, wenn solche ihre Begründung nicht in unläugbaren Thatsachen haben sollten.“

„Daß die mittlere Bewegung des Kometen im Allge-

meinen bei jeder Perihelpassage eine Acceleration erfährt, ist aus Encke's Arbeiten seit 1818 bekannt. ... Das Studium der feineren Seiten der Frage und die Prüfung der Form der Hypothese" behält sich von Asten für die Zeit vor, wo er „durch Zurückführung der Störungen bis 1848 einen Anschluß an Encke gewonnen haben" wird. „Da es keinem Zweifel unterliegen kann, daß der Komet die außergewöhnliche Störung in unmittelbarer Nähe des Perihels erleidet," so hat von Asten „der größeren Einfachheit wegen vorläufig angenommen, daß die Acceleration plötzlich in dem Augenblicke, wo der Komet das Perihel überschreitet, eintritt. Diese Form der Hypothese entfernt sich nicht wesentlich von der Annahme, daß die Bewegung des Kometen in einem widerstehenden Mittel vor sich geht, dessen Dichtigkeit umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne variirt. Der Einfluß eines nach diesem Gesetze wirkenden Widerstandes concentrirt sich nämlich zu neun Zehntheilen auf den Zeitraum von 25 Tagen vor und nach dem Perihel.

„Was die Erklärung der Acceleration selbst betrifft, so können Speculationen darüber mit Aussicht auf Erfolg erst dann unternommen werden, wenn die besser beobachteten Erscheinungen, namentlich diejenigen, in denen der Komet in beiden Zweigen seiner Bahn beobachtet ist, einer eingehenden Specialdiscussion unterworfen worden sind." Von Asten glaubt, „daß die kritische Untersuchung einzelner Erscheinungen des Encke'schen Kometen dem Rechner weit bessere Aussicht bietet, neue Thatsachen zu entdecken, als z. B. die Bearbeitung eines sich in nahezu parabolischer Bahn bewegenden Kometen. Sollte eine solche Untersuchung das Resultat ergeben, daß sich die Beobachtungen vor und nach dem Perihel durch eine einzige Ellipse mit alleiniger Hinzuziehung der Hypothese einer Acceleration der mittleren Bewegung nicht vereinigen lassen, so müßte damit das widerstehende Mittel als Erklärungsprinzip der Beschleunigung fallen." Ein solches Resultat hält von Asten für sehr wahrscheinlich. Wenigstens hat sich ihm bei Durchsicht der Encke'schen Darstellung der Normalörter von 1818—48 und der seinigen für die Beobachtungen von 1855—65 „unwillkürlich die Ueberzeugung aufgedrängt, daß die Elemente des Kometen in unmittelbarer Nähe des

Perihels Veränderungen erleiden, die durch einen Widerstand nicht erklärt werden können." Es erinnert auch daran, „daß Bessel der Ansicht war, die außergewöhnliche Störung, welche der Encke'sche Komet erfährt, stehe in innigem Connex mit Ausströmungsphänomenen." Der Grund des vollständigen Ausbleibens der Acceleration im Jahre 1868 kann, wie von Asten behauptet, „wohl unmöglich anderswo gesucht werden, als in physischen Vorgängen im Innern des Kometen." Weitere Ideen über diesen Gegenstand hat er in einer besonderen Abhandlung*) entwickelt.

Die Elemente, auf denen die Ephemeride von 1875 beruht, sind:

1874, October 27, 0.

M	=	309°	36′	17″	20	
☊	=	334	40	48	37	Aequ. 188.0.
ω	=	183	40	42	70	
i	=	13	7	21	69	
e	=	0,8494233				
μ	=	1079″22090				

Dieselben unterscheiden sich von denen von 1871 nur um den Betrag der planetarischen Störungen, welche der Komet in dem Zeitraume vom 15. Juli 1871 bis 27. October 1874 erlitten hat. Aus den Moskauer Beobachtungen 1875 ergiebt sich nun, daß die mittlere Anomalie M einer Verbesserung $\triangle M = + 1' \, 20''0$ bedarf, woraus weiter folgt, daß die mittlere Bewegung des Kometen bei der Perihelpassage 1871 eine Acceleration von beiläufig $\triangle\mu = +$ 0″0667 erfahren hat, was ungefähr ⅔ des aus den früheren Erscheinungen abgeleiteten Werthes ist. „Es scheint daher, daß die physische Revolution im Innern der Kometenmaterie, welche 1868 eingetreten ist, sich nicht nur auf diese eine Erscheinung beschränkte, sondern daß ihre Nachwirkungen auch noch im Jahre 1871 mit geringer Intensität fortdauerte."

Komet II 1875, am 1. Februar von Borrelly in Marseille aufgefunden,**) gehört wie der Encke'sche zu den

*) „Ueber die Erscheinung des Encke'schen Kometen im Jahre 1875 nebst Bemerkungen über die Existenz eines widerstehenden Mittels im Weltraum." Bulletin de l'Acad. de St. Pétersbourg, Tome XX, p. 340.

**) Comptes rendus LXXX, p. 315.

teleskopischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit; es ist nämlich der Komet III 1819, von Pons in Marseille am 12. Juni genannten Jahres entdeckt, der seit 1858 Winnecke's Namen trägt. Die von Oppolzer in Wien ausgesprochene Vermuthung, daß derselbe mit dem am 6. Februar 1808 von Pons entdeckten, aber nicht genügend beobachteten Kometen identisch sei, ist nicht zu beweisen.*) Die Bahnberechnung von Oppolzer**) zeigt, daß derselbe in der Zeit vom 3. October 1870 bis 31. März 1871 vom Jupiter bedeutende Störungen erlitten hat; am 30. December 1870 kam er diesem Planeten bis auf 0,872 Erdbahnhalbmesser nahe. Die Oppolzer'schen Elemente für 1875 sind

Epoche 1875 März 11, 0 mittl. Berl. Zeit

$M = 359^{\circ}\ 47'\ 27''\ 95$
$\pi = 276\ \ 42\ \ 2\ \ 5$
$\Omega = 111\ \ 33\ \ 43\ \ 1$
$i = 11\ \ 17\ \ 3\ \ 2$
$e = 0{,}7410126$
$\mu = 619''60644$

Der Periheldurchgang fand 1875 März 12, 21375 statt. Diesen Elementen zufolge konnte der Komet nur frühmorgens unter ungünstigen Verhältnissen beobachtet werden; noch weniger günstig wird indessen die nächste Erscheinung 1880 sein. Es sind auch in der That bei der vorjährigen Erscheinung nur wenige Beobachtungen möglich gewesen. Nach Borrelly hat ihn zuerst Wilh. Tempel in Florenz am 9. Februar mit einem großen Amici'schen Fernrohr gesehen.***) „Der Komet war überraschend groß und ziemlich hell; es pulsirten sicher mehrere Kerne in ihm." Auf der Sternwarte Brera bei Mailand wurde er vom 13. bis 15. Februar beobachtet, dann trat schlechtes Wetter ein. Am 13. und 14. war er durch den Nebel am Horizonte nur schwer zu beobachten; am 15. war die Beobachtung leichter, hauptsächlich weil der Komet gegen seine Mitte hin mehr condensirt erschien.

Pogsons Komet I 1872. Nach dem glänzenden Sternschnuppenfall am 27. November 1872 kam, wie bekannt,

---

*) Nature XI, p. 473.
**) Astron. Nachr. Bd. 84, Nr. 2016.
***) Dies. Bd. 85, Nr. 2029.

Klinkerfues auf den Gedanken, daß der Biela'sche Komet, dessen Bahn mit derjenigen des Novemberschwarmes identisch ist, in der Nähe sei und vielleicht auf der südlichen Hemisphäre beobachtet werden könnte. Diese Annahme fand dadurch eine scheinbare Bestätigung, daß auf eine telegraphische Aufforderung von Seiten Klinkerfues' hin Pogson in Madras nach dem Kometen suchte und in der That am 2. December 1872 an der vermutheten Stelle einen Kometen fand, den er leider nur noch am 3. beobachten konnte, den man aber seitdem allgemein für den Biela'schen hielt. Indessen gelangte schon Dr. Oppolzer*) zu dem Resultate, daß zwar „der Pogson'sche Komet mit hoher Wahrscheinlichkeit im innigsten Zusammenhange mit dem Sternschnuppenschwarme vom 27. Nov. steht und daß es immerhin möglich ist, daß das beobachtete Object ein Kopf des Biela ist", daß es ihm aber nicht berechtigt erscheint, „die Identität mit dem Biela'schen Kometen als überaus wahrscheinlich hinzustellen."

Zu einem noch weiter von der ursprünglichen Annahme sich entfernenden Resultate ist Bruhns**) gelangt. Mit Benutzung von Michez' Ephemeride des Biela'schen Kometen berechnete derselbe zunächst die Oerter des Kometen für Ende November und Anfang December und überzeugte sich, daß weder unter Annahme der Perihelzeit $T =$ Dec. 26.75, noch für $T =$ Dec. 27.75, noch für $T =$ Dec. 28.75 die von Pogson beobachteten Oerter sich darstellen lassen.

Ferner würde nach einer von Bruhns berechneten Ephemeride des Biela'schen Kometen, „wenn der Sternschnuppenschwarm nahe mit dem Kometen zusammengestanden hätte, der letztere vom 23. November bis 1. December noch besser sichtbar gewesen sein, als zu der Zeit, da Pogson seinen Kometen sah, an dem er sogar einen 8 Minuten langen Schweif beobachtete. Wenn nun auch in dieser Zeit auf der nördlichen Halbkugel wiederholt trübes Wetter geherrscht hat, so ist doch ein Komet mit einem langen Schweife den Astronomen selten über 10 Tage entgangen. Dieser Umstand spricht ebenfalls gegen die Identität.

*) Astron. Nachr. Bd. 81, S. 288.
**) Dies. Bd. 86, Nr. 2054.

Nach Michez' Rechnung hätte ferner der Umlauf des Biela'schen Kometen von 1866 bis 1872 eine Dauer von 2528 Tagen gehabt, während der letzte Umlauf von 1859 bis 1866 nur eine solche von 2440 Tagen hatte. Da nun der Komet seitdem nicht in die Nähe des Jupiter gekommen ist, so läßt sich für eine so bedeutende Störung der Umlaufszeit von 88 Tagen keine Erklärung finden. Auch giebt Michez die Neigung der Bahn = 12° 22′ an, während sie nach Oppolzer unter Voraussetzung der Identität nur 10° 28′ beträgt. Bruhns hat nun versucht, diese Aenderung der Neigung durch die Störung seitens der Erde, der der Komet vom 27. November bis 1. December sehr nahe kam, zu erklären; allein diese Störung gab eine Vermehrung der Neigung um 1′6, während es sich darum handelt, eine Verminderung um nahezu 2° zu erklären.

Aus diesen Gründen hält es Bruhns „für sehr wahrscheinlich, daß der Komet von Pogson weder mit dem Biela'schen Kometen, noch mit dem Sternschnuppenschwarm in Verbindung gestanden, und daß wir es mit einem neuen Kometen zu thun haben.

Bruhns hat auch für denselben unter zwei Hypothesen Elemente berechnet und eine Ephemeride gegeben; die Bewegung ist beidemal retrograd, während sich Biela's Komet direct bewegt.

Ueber die physische Beschaffenheit der Kometen sind von Prof. F. Zöllner in Leipzig zwei größere Abhandlungen veröffentlicht worden.*) Derselbe hat früher in den Schriften der Leipziger Gesellschaft der Wissenschaften und dann in einem besonderen Werke**) eine selbstständige Theorie der Kometen vorgetragen, über welche im VIII. Jahrgange dieses Jahrb. (S. 17 u. f.) berichtet worden ist. Nächst der Untersuchung der Stabilitätsverhältnisse handelte es sich bei dieser Theorie wesentlich auch um die Erklärung des eigenen Lichtes, welches an vielen Kometen wahrgenommen worden ist, und der Erscheinungen, welche die Schweife darbieten.

---

*) Astron. Nachr. Bd. 86, Nr. 2057—60 und Bd. 87, Nr. 2082—86.

**) Zöllner, Ueber die Natur der Kometen. 2. Aufl. Leipzig 1872.

Es haben in's Besondere Olbers und Bessel für die solifugalen Bewegungen der Schweifelemente großer Kometen Geschwindigkeiten erhalten, welche, wenn man sie durch eine Repulsivkraft der Sonne erklären will, ein großes Uebergewicht derselben über die allgemeine Gravitation verlangen. An der Erdoberfläche sind uns nun keine anderen in die Ferne wirkenden Kräfte bekannt, welche die Gravitation beträchtlich zu überschreiten vermögen, als die magnetischen und statisch-elektrischen. Da letztere sich nur an der Oberfläche ansammeln und daher bei Kugeln proportional sind der zweiten Potenz des Halbmessers, während die gravitirende Fernewirkung der Masse proportional, also bei homogenen Kugeln der dritten Potenz des Halbmessers proportional ist, so muß die elektrische Repulsion zweier stetig verkleinerten Kugeln, bei constanter Dichte der Elektricität an ihrer Oberfläche, umgekehrt proportional der Veränderung der Durchmesser wachsen. „Steht also ein Körper gleichzeitig unter dem Einflusse der Gravitation und freien Elektricität eines anderen, so prävalirt bei zunehmender Masse die Gravitation, bei abnehmender Masse die Elektricität als bewegende Kraft.“ Zöllners Theorie schreibt nun den Kometen-Kernen tropfbarflüssige Massen zu, während die Schweife Dämpfe derselben sind; der Sonne wird eine elektrische Fernewirkung beigelegt. Es stehen daher nach obigem Gesetze „die Kerne, als tropfbarflüssige Massen, unter dem Einfluß der Gravitation, die entwickelten Dämpfe als Aggregate sehr kleiner Massentheilchen, unter dem Einfluß der freien Elektricität der Sonne.“

Obwohl die Ansicht von einer elektrischen Fernewirkung der Sonne mehrfach auch von Anderen, so von Becquerel, aufgestellt worden ist, so hat Zöllners Theorie doch auch vielfache Widersprüche erfahren. Diese zu widerlegen und dabei zugleich eine kritische Erörterung derjenigen Anschauungen zu geben, nach welchen die an den Kometenschweifen beobachtete Repulsivkraft der Sonne eine nicht elektrische Kraft sein soll, war die Aufgabe der ersten der citirten neuen Zöllner'schen Abhandlungen. Indem wir rücksichtlich derselben auf das Original verweisen, wenden wir uns zu einem kurzen Ueberblicke über die zweite Abhandlung.

Zöllner hat früher versucht, zu zeigen, „daß es voll-

kommen genügt, der Sonnenoberfläche selbst quantitativ nur diejenigen elektrischen Eigenschaften beizulegen, welche man durch directe Beobachtungen an der Erdoberfläche nachzuweisen im Stande ist." Es ist nun Aufgabe der zweiten Abhandlung, den Beweis dieser Behauptung dadurch zu vervollständigen, daß nach kurzer Entwickelung der Theorie absoluter Maßbestimmungen numerische Grenzwerthe ermittelt werden, innerhalb welcher die wahren Werthe der elektrischen Dichte an der Oberfläche der Sonne und der Schweifelemente der Kometen liegen müssen, um allen wesentlichen der von Olbers, Pape u. A. gesammelten Beobachtungen über die Bewegung der Schweifelemente zu genügen.

Nach der Zöllner'schen Theorie lassen sich die ungeheuren Geschwindigkeiten, mit welchen die Kometenschweife von den Kernen gleichsam hervorschießen und sich in wenigen Tagen über Strecken von Millionen von Meilen ausbreiten, nicht anders erklären, als durch eine wirkliche mechanische Wirkung der elektrischen Dampftheilchen, die sich unter dem Einflusse der elektrischen Abstoßung der Sonne mit beschleunigter Geschwindigkeit von letzterer entfernen. Um nun die Wahrheit der Hypothese zu prüfen, würde es nöthig, die numerischen Werthe zu ermitteln

1. der Intensität der gravitirenden Fernewirkung der Sonne auf das bewegte Dampftheilchen und

2. der Intensität der elektrischen Fernewirkung auf dasselbe Dampftheilchen.

Als absolute Masseneinheit der ponderabeln Materie wird diejenige Masse angenommen, welche, wenn sie auf eine ihr gleiche Masse eine Secunde lang aus der Entfernung eines Millimeters wirkt, eine relative Geschwindigkeit von einem Millimeter erzeugt. Die Vergleichung mit der Anziehung der Erde zeigt, daß diese Einheit gleich der Masse von 15188200 Milligramm. Zur Messung der elektrostatischen Kräfte benutzt man nicht diese absolute Masseneinheit, sondern nach dem Muster der von Gauß für magnetische Kräfte eingeführten Einheit das Milligramm und nennt demnach elektrostatische Einheit diejenige Elektricitätsmenge, welche, wenn sie eine Secunde lang auf eine ihr gleiche Elektricitätsmenge von derselben Art, die fest mit

der Masse eines Milligramms verbunden ist, aus der Entfernung eines Millimeters wirkt, jener ponderabeln Masse eines Milligrammes eine Geschwindigkeit von einem Millimeter ertheilt.

Um eine bestimmte Vorstellung von dem elektrischen Zustande einer Fläche zu erhalten, deren elektrische Dichtigkeit = 1 ist, d. h. welche auf jedem Quadratmillimeter eine elektrostatische Einheit enthält, stellte Zöllner Versuche mit Siegellackkugeln an und fand als Mittel aus 5 Versuchen, daß sich auf jedem Quadratmillimeter einer auf trockenem Tuche kräftig geriebenen Siegellackfläche 64,15 elektrostatische Einheiten befinden. Es ist also die Oberfläche eines Körpers von der elektrischen Dichtigkeit = 1 ungefähr 64 mal schwächer elektrisch als eine geriebene Siegellackfläche.

Bezeichnet nun

r den Radius einer beliebigen kleinen Kugel,
σ ihr specifisches Gewicht,
δ die elektrische Dichtigkeit an ihrer Oberfläche,
$\triangle$ die elektrische Dichtigkeit an der Oberfläche einer sehr großen Kugel, beispielsweise der Sonne,
g die Beschleunigung, welche die Masse eines Milligrammes an der Oberfläche der großen Kugel durch die Gravitation und
γ die Beschleunigung, welche dieselbe Masse daselbst durch die Elektricität erleidet und ist endlich

$$\mu = 1 - \frac{\gamma}{g},$$

so besteht nach Zöllners Entwickelung die Gleichung

$$\delta \triangle = \frac{g}{12\,\pi} \cdot \sigma\, r \cdot (1-\mu),$$

oder, da auf der Sonnenoberfläche $g = 274300^{\mathrm{mm}}$ ist,

$$\delta \triangle = 7276 \cdot \sigma\, r \cdot (1-\mu) \qquad \text{(I)}$$

und umgekehrt

$$\sigma\, r = 0{,}00013744 \cdot \frac{\delta \triangle}{1-\mu} \qquad \text{(II)}$$

Numerische Bestimmungen über die Größe $1-\mu$ sind zuerst von Bessel für den Halley'schen, dann von Pape für

den Donati'schen Kometen ausgeführt worden. Der letztere Beobachter leitete aus drei Beobachtungen, die er an dem von Winnecke, Listing und Auwers beobachteten Nebenschweife des Donati'schen Kometen anstellte, den Werth $1 - \mu = 6{,}317$ ab, der wahrscheinlich der größte bisjetzt für die Repulsivkraft der Sonne auf Kometenschweife ermittelte ist. Die Einsetzung dieses Werthes in Formel (I) giebt

$$\delta \triangle = 45960 \, . \, \sigma r. \quad (Ia)$$

Es handelt sich jetzt nur noch um eine Annahme über die Größe und Masse der kugelförmigen Elemente der Kometenschweife.

Nun setzt Zöllner die Oberfläche der Kometenkerne, aus denen sich ihre Dunsthüllen und Schweife entwickeln, als ein Gemisch von Wasser und flüssigen Kohlenwasserstoffen voraus. Es ist demnach weiter anzunehmen, daß die Elemente der kometarischen Dünste bei ihrer Entwickelung aus der tropfbaren Flüssigkeit der Kerne physikalisch von ähnlicher Beschaffenheit sind, wie die unter analogen irdischen Verhältnissen gebildeten Dampftheilchen. Dagegen ist es noch fraglich, ob bei weiterer Entfernung vom Kerne die Elemente dieselbe physikalische Beschaffenheit beibehalten und, im Falle daß dies nicht geschieht, in welcher Weise sie sich verändern. Es wäre z. B. möglich, daß der Aggregatzustand sich durch Erstarrung ändert, oder daß die Verdunstung weiter geht, bis zur Auflösung in Moleküle. Zöllner sucht nun Grenzwerthe für r und σ, einerseits für die Dampftheilchen, andererseits für die Moleküle zu erlangen, um sie in Formel (Ia) einsetzen und damit das Product $\delta \triangle$ berechnen zu können. Zu diesem Zwecke giebt er einen Ueberblick über diejenigen Untersuchungen, welche sich auf Größe und Beschaffenheit einerseits der Dämpfe und Dampfbläschen, andererseits auf Größe und Masse der Moleküle beziehen.

Daß die Elemente des Wasserdunstes aus kleinen Bläschen bestehen, nahm schon Halley an, und Leibniz ist wahrscheinlich der Erste, der die Dicke der Wasserhäutchen zu bestimmen versuchte. Eingehendere Experimentaluntersuchungen stellten um die Mitte des vorigen Jahrhunderts auf Veranlassung einer Preisaufgabe der Akademie zu Bor-

deaux Hamberger und Kratzenstein an. Später sind die classischen Arbeiten von Fraunhofer über die farbigen Höfe um Sonne und Mond und ihre Erklärung aus den Gesetzen der Beugung des Lichtes von Kämtz benutzt worden, um die Durchmesser der Nebelbläschen zu ermitteln. Derselbe hat den merkwürdigen Satz gefunden, daß der mittlere Durchmesser der Dunstbläschen im Winter am größten ist und sich ziemlich regelmäßig vermindert bis zu der Zeit, wo die relative Feuchtigkeit der Luft am kleinsten ist; während dieser Durchmesser im Winter 0,0009526 Pariser Zoll beträgt, ist er im Sommer nur 0,0006107 Zoll und im Mittel des Jahres 0,0007969 Zoll = 0,02157 Millim. Neuerdings hat Clausius die allgemeine Verbreitung von Dampfbläschen in unserer Atmosphäre zur Erklärung verschiedener optischer Erscheinungen derselben, namentlich der blauen Farbe des Himmels benutzt. Dabei macht derselbe die Bemerkung, daß diejenigen Bläschen, welche bei klarem Wetter in der Luft schweben, nur sehr dünn sein können, „und wenn wir daher annehmen, daß ihre Dicke höchstens ein Viertel der Wellenlänge des Violett beträgt, so folgt hieraus nothwendig die blaue Farbe des reflectirten Himmelslichtes, welches um so dunkler sein muß, je klarer die Luft ist, d. h. je feiner die Bläschen sind."

Entsprechend dem von Kämtz gefundenen Mittelwerthe setzt nun Zöllner den Radius r der Dunstbläschen in den Kometenschweifen = 0,01078 Millim., und für die Dicke der Wasserschicht nimmt er $1/4$ der Wellenlänge von D_1, also eher etwas mehr, als Clausius angiebt. Daraus folgt dann für die mittlere Dichtigkeit des Bläschens $\sigma = 0{,}04030$. Nach Einsetzung dieser Werthe von r und σ in die Formel (I a) ergiebt sich

$$\delta \triangle = 19{,}967,$$

und wenn man für ein Schweifelement $\delta = 1$ setzt, so würde $\triangle = 19{,}967$ sein, d. h. die mittlere elektrische Dichtigkeit an der Sonnenoberfläche würde noch nicht den dritten Theil von der elektrischen Dichte einer geriebenen Siegellackstange (= 64,15) betragen.

Nun sind jedenfalls die Elemente des Nebenschweifes des Donati'schen Kometen noch weit kleiner, als die in Betracht gezogenen Nebelbläschen, denn in den fast leeren Räumen, in denen sich die Kometen bewegen, wird jedenfalls die Verkleinerung durch Verdampfung noch weiter fortgesetzt, als selbst in den höchsten Regionen unserer Atmosphäre. Eine Grenze hat aber diese Verkleinerung, sie kann nicht weiter gehen, als bis zur Größe eines Moleküles. Ueber diese Größe existiren nun Schätzungen, die sich auf theoretische Untersuchungen verschiedener Molecularwirkungen gründen. Schon im Jahre 1865 hat J. Loschmidt eine derartige Schätzung veröffentlicht (vergl. Jahrg. II dieses Jahrb. S. 45) und später hat William Thomson derartige Folgerungen in einem populären Vortrage zusammengestellt, dessen wesentlicher Inhalt sich in folgenden Sätzen darstellen läßt*): „Bei cubischer Anordnung der Moleküle ist bei flüssigen und festen Körpern der Abstand derselben zwischen einem Mittelpunkte und dem nächsten Mittelpunkte zwischen $\frac{1}{14.10^7}$ und $\frac{1}{46.10^7}$ Centimeter und die Anzahl im Cubikcentimeter zwischen 3.10^{24} und 10^{26}. Der Durchmesser eines Gasmoleküles ist nicht kleiner als $\frac{1}{5.10^8}$ Centimeter und bei gewöhnlicher Dichte sind in einem Cubikcentimeter 6.10^{21} Moleküle. Dies wird gefolgert 1. aus der dynamischen Optik, 2. aus Versuchen des Verfassers über Contactelektricität und der Anziehung zweier Platten desselben Metalles; 3. aus einigen Capillarerscheinungen, 4. aus der mechanischen Wärmetheorie.“ Die neuesten Angaben über diesen Gegenstand rühren von Maxwell her, welcher, gestützt auf Untersuchungen von Clausius, Loschmidt, Meyer u. A., auf der Versammlung der British Association in Bradford 1873 folgende Angaben über die Größe verschiedener Gasmoleküle machte, aus denen Zöllner die hier mitverzeichneten Werthe für die mittlere Dichtigkeit abgeleitet hat:

---

*) Berichte der physikalischen Gesellschaft in Berlin. Jahrgang 27, S. 59.

	Größe der Molekule Durchmesser in $\frac{1}{10^8}$ Milligr.	Masse in $\frac{1}{10^{22}}$ Milligr.	Dichte σ Wasser = 1
Wasserstoff	58	46	0,045
Sauerstoff	76	736	0,320
Kohlenoxyd	83	644	0,223
Kohlensäure	93	1012	0,248

Bei festen und flüssigen Körpern liegen nach Thomsons Angabe 3.10^{24} bis 10^{26} Moleküle in einem Cubikcentimeter. Nimmt man das Mittel aus diesen Grenzen für die Anzahl der in einem Cubikcentimeter Wasser befindlichen Moleküle, so erhält man für den Durchmesser eines Wassermoleküles $\frac{6,9}{10^8}$ Millimeter und für die Masse desselben $\frac{170}{10^{22}}$ Milligramm.

Die Einsetzung dieser Werthe in die Formel (Ia) giebt folgende Resultate

	$\delta \triangle$
Wasserstoff	0,00095
Wasser	0,00158
Kohlenoxyd	0,06602
Sauerstoff	0,10832
Kohlensäure	0,11543,

wozu noch der obige Werth für Wasserbläschen $\delta \triangle = 19,967$ kommt. Setzt man also Wasser als Stoff des Nebenschweifes am Donati'schen Kometen voraus, so muß der Werth von $\delta \triangle$ zwischen den beiden Grenzen 0,00158 und 19,967 liegen.

Nachdem auf diese Weise Grenzwerthe für das Product $\delta \triangle$ gewonnen worden sind, verschreitet Zöllner zu einer gesonderten Grenzbestimmung für die beiden Werthe δ und $\triangle$ auf den Elementen des Kometen und auf der Sonne.

Da seiner Ansicht nach die Kerne der Kometen die vorwiegend flüssigen Bestandtheile eines ursprünglich größeren Weltkörpers sind, so nimmt er für deren Oberfläche, entsprechend den auf und in der Erde am meisten verbreiteten Flüssigkeiten, als vorwiegende Bestandtheile Wasser und flüssige Kohlenwasserstoffe an. Es unterscheiden sich dieser Ansicht zufolge „die Kerne der Kometen im Wesentlichen nur quantitativ, nicht qualitativ von den Stoffen der Erde, und es scheint uns daher nicht ungerechtfertigt, ihrer

Oberfläche auch diejenige Eigenschaft beizulegen, welche wir in der sogenannten atmosphärischen Elektricität als eine allgemeine Eigenschaft der Oberfläche unsers Planeten zu betrachten berechtigt sind." Ueber Sitz und Ursache der Luftelektricität geben uns unsere Beobachtungen keinen Aufschluß; nach Lamont lassen sich aber alle Erscheinungen derselben am Einfachsten durch die Annahme erklären, es besitze die Erde ein gewisses, unveräußerliches Quantum freier negativer Elektricität. Derselbe hat wiederholt auf die „Nothwendigkeit hingewiesen, neben der Gravitation die Elektricität als eine allen Himmelskörpern zukommende und überall im Weltraume wirkende Kraft anzunehmen, und zur Unterstützung dieser Hypothese außer den Erscheinungen der Kometen, des Nordlichts, des Zodiacallichts, auch die tägliche Oscillation des Barometers angeführt." Betrachtet man dem entsprechend den elektrischen Zustand als eine allgemeine Eigenschaft aller Himmelskörper, so ist man berechtigt, die elektrische Dichtigkeit δ an der Oberfläche der Kometenkerne als eine Größe von derselben Ordnung mit der an der Erdoberfläche beobachteten elektrischen Dichtigkeit anzusehen. Um nun die Intensität der Luftelektricität in elektrostatischem Maße zu erhalten, nimmt Zöllner seine Zuflucht zu einer Messung von W. Hankel, die schon in unserem früheren Berichte (Jahrg. VIII dieses Jahrb., S. 23 und 24) Erwähnung gefunden hat. Nach Verbesserung eines früheren Irrthums findet er, daß 0,07093 elektrostatische Einheiten in der Entfernung von 1 Millim. auf das Elektrometer dieselbe Vertheilungswirkung ausüben würden, wie bei der Hankel'schen Beobachtung die Luftelektricität. Wird diese Elektricitätsmenge gleichmäßig über eine Kugel von 1 Millim. Halbmesser vertheilt, so ergiebt sich die Dichtigkeit $\delta = 0,005644$. Indessen wird auch jede andere Kugel, z. B. die Erde, dieselbe vertheilende Wirkung auf das Elektrometer ausüben, wenn man ihrer Oberfläche dieselbe elektrische Dichtigkeit δ giebt. „Soll nun die vertheilende Wirkung der Luftelektricität in absolutem Maße bestimmt werden, so ist es am einfachsten, diese Wirkung durch diejenige elektrische Dichtigkeit in absolutem Maße auszudrücken, welche der Erdoberfläche ertheilt werden müßte, damit letztere die gleiche Wirkung auf das Elektrometer wie die Luftelektricität ausübe."

Um zu einer Grenzbestimmung der mittleren elektrischen Dichtigkeit △ der Sonnenoberfläche unabhängig von den Erscheinungen der Kometen zu gelangen, untersucht Zöllner die statisch-elektrische Induction, welche die Sonne auf die Erde ausübt. „Verdankte die sogenannte Luftelektricität unseres Planeten einer solchen inducirenden Wirkung der Sonne ihren Ursprung, so müßte eine tägliche Periode der Luftelektricität mit entsprechendem Zeichenwechsel stattfinden. Außerdem müßten diese periodischen Schwankungen im Winter etwas größer als im Sommer sein, weil die Erde im Perihel (21. December) einer ungefähr 7 Procent stärkeren Induction als im Aphel (21. Juni) ausgesetzt sein würde. Besitzt jedoch die Erde selber eine gewisse Menge freier Elektricität an ihrer Oberfläche, so würde zwar gleichfalls die Existenz einer täglichen Periode und der angedeutete Unterschied im Perihel und Aphel eine nothwendige Folge der elektrischen Influenzwirkung der Sonne sein, aber es wäre bei hinreichender Menge von freier Elektricität der Erde nicht nothwendig, daß ein Zeichenwechsel der elektrischen Spannung stattfände. Auch übersieht man für diesen Fall sehr leicht die Art und Weise, in welcher sich diese Influenzwirknng bemerklich machen müße. Besitzt die Erdoberfläche freie Elektricität von gleichem Vorzeichen mit der Sonne, so werden die Minima zur Zeit der oberen Culmination um Mittag, die Maxima zur Zeit der untern Culmination um Mitternacht stattfinden, wogegen sich bei entgegengesetztem Vorzeichen der Elektricitäten auf der Sonne und Erde diese Verhältnisse umkehren.“ Betrachtet man aber die periodischen Schwankungen der Luftelektricität, die täglichen sowohl als die jährlichen, wie sie namentlich durch die höchst sorgfältigen und umfassenden Beobachtungen von Dellmann zu Kreuznach festgestellt sind, so zeigt sich, daß dieselben sich nicht auf eine directe elektrische Influenzwirkung der Sonne zurückführen lassen, woraus folgt, daß die freie elektrische Spannung △ an der Sonnenoberfläche so gering sein muß, „daß die hieraus für die Erdoberfläche resultirende Influenzwirkungen im Verhältniß zur Amplitude der periodischen Schwankungen der Luftelektricität verschwinden.“ Daraus leitet Zöllner den Satz ab, daß △ kleiner ist als 4,862 elektrostatische Einheiten. Setzt man diesen oberen Grenzwerth von △ in die

beiden früher-gefundenen Grenzwerthe für $\delta\Delta$, nämlich 19,967 und 0,00158 ein, so erhält man für δ die Werthe 4,108 und 0,000325. Der erstere Werth von δ ist mehr als 15 mal kleiner als auf der Oberfläche einer geriebenen Siegellackstange, der letztere beinahe noch 6 mal kleiner als die elektrische Dichtigkeit, welche sich aus Hankel's Beobachtung der Luftelektricität für den Erdboden ergiebt.

Zöllner nimmt nun an, „daß die tropfbarflüssige Oberfläche des Donati'schen Kometenkernes eine freie Elektricität von derjenigen Größe besessen habe, welche Dellmann als allgemeines Mittel aus seinen Beobachtungen abgeleitet hat." Dieses Mittel ist $\delta = 0{,}03869$, und da Δ nicht größer als 4,862 sein kann, so ergiebt sich für die obere Grenze von $\delta\Delta$ (statt des früher gefundenen Werthes 19,967) der weit kleinere Werth 0,1881.

Weiter findet es Zöllner wahrscheinlich, „daß der mittlere Werth des permanenten elektrischen Zustandes eines Weltkörpers mit seiner Größe und der Intensität seiner meteorologischen Veränderungen im Allgemeinen wachsen müsse." Er hält sich daher für berechtigt, vorläufig den Werth 0,03869, den Dellmann als Mittelwerth für die elektrische Dichte δ an der Erde gefunden hat, als untere Grenze für die Dichte Δ an der Sonne zu betrachten. Mit Berücksichtigung der früheren Resultate erhält er nun folgende Grenzbestimmungen für die elektrische Dichte Δ auf der Sonne und δ auf den Kometenelementen:

	obere Grenze	untere Grenze
$\delta\Delta =$	0,1881	0,00158
$\Delta =$	4,8621	0,0387
$\delta =$	0,0387	0,000325

Vergleicht man den Werth $\Delta = 4{,}8621$ mit der elektrischen Dichtigkeit einer geriebenen Siegellackstange $= 64{,}15$, so ergiebt sich, „daß der Sonne nur eine mehr als 13 mal kleinere elektrische Dichtigkeit beigelegt zu werden braucht, um alle bisjetzt exakt beobachteten Geschwindigkeiten der Elemente von Kometenschweifen durch eine elektrische Repulsivkraft zu erklären."

Da für $\Delta = \delta = 0{,}0387$ sich der Werth $\delta\Delta = 0{,}001497$ ergiebt, welcher fast mit dem Minimalwerthe

$\delta \triangle = 0{,}00158$ übereinstimmt, der unter der Voraussetzung abgeleitet worden ist, daß die Elemente der schwachen Nebenschweife am Donati'schen Kometen Massen von der Ordnung der Wassermoleküle sind, so würde die Annahme einer elektrischen Dichte gleich der auf der Erde beobachteten genügen zur Erklärung der Geschwindigkeiten an jenem Schweife, sofern die erwähnte Voraussetzung statthaft ist. Zöllner führt nun Gründe dafür an, „daß die Schweifelemente der Kometen in größerem Abstande vom Kerne höchst wahrscheinlich Massen von der Größenordnung der Moleküle der Körper sind.“ Wenn dies richtig ist, so würde es vollständig genügen, „der Sonnenoberfläche selbst quantitativ nur diejenigen elektrischen Eigenschaften beizulegen, welche man durch directe Beobachtung an der Erdoberfläche nachzuweisen im Stande ist.“

Noch mag erwähnt werden, daß Zöllner aus der fortgesetzten Verkleinerung der Schweifelemente die Bildung neuer Nebenschweife ableitet, welche, wenn dieser Proceß gleichzeitig an zahlreichen und verschiedenen Stellen des Hauptschweifes eintritt, demselben den Anblick einer colonnenartigen Stratification ertheilen, welche Erscheinung in der That von G. P. Bond und Winnecke am Donati'schen Kometen beobachtet worden ist.

Meteoriten.

Meteorsteinfall von Iowa County 12. Februar 1875.*) Am Abende genannten Tages, gegen 10 1/2 Uhr, wurde in Iowa County im Staate Iowa, Ver. St., zwischen 90° 40′ und 94° 45′ westl. Länge v. Greenwich und 38° 58′ bis 42° 30′ nördl. Breite bei leicht bewölktem Himmel ein glänzendes Meteor wahrgenommen, aus dem eine Masse von Meteoriten niederfiel, deren Gesammtgewicht, soweit sie gesammelt worden, von Lawrence Smyth in Louisville in einem am 14. Juni der Pariser Akademie vorgelegten Berichte zu 150 Kilogr. angegeben wird. Dieselben wurden auf einer Fläche von 4 — 5 engl. Meilen Länge und 1/2 Meile Breite gefunden, und zwar die größten Stücke im nördlichen Theile, die kleinsten südlich.

*) Comptes rendus LXXX, p. 1175, 1451.

Die Meteoriten gehören nach Daubrée's Classification zu der Gruppe der Sporadosideren, Section Oligosideren (vergl. Jahrg. IV dieses Jahrb., S. 18), welche vorzüglich durch die bei Bouillé 13. Mai 1831 und bei Aumale in Algerien 25. August 1865 gefallenen repräsentirt wird. Die äußere Kruste ist tief schwarz, dünner als durchschnittlich; darunter liegt eine gleichförmige graue Grundmasse mit zahlreichen eingesprengten Eisen- und Troilitpartikeln. Spec. Gew. = 3,57 — 3,80. Nach Smyth's Angabe enthält die Meteoritenmasse 44,09 Proc. Olivin, 37,55 Pyroxen, 5,82 Troilit und 12,54 Eisen mit 10,38 Proc. Nickel- und 0,58 Kobaltgehalt.

Arthur W. Wright hat die gasigen Bestandtheile dieses Meteoriten näher untersucht, namentlich auch das Spectrum derselben beobachtet.*) Etwa 4 Cubik-Centim. fein gepulverte Meteoritenmasse wurden in eine Röhre gebracht, aus der man die Luft auspumpte; alsdann wurde die Röhre erwärmt und bei verschiedenen Temperaturen das entweichende Gas untersucht. Es zeigte sich dabei die Zusammensetzung dieses Gases wesentlich abhängig von der Temperatur; dasselbe enthielt nämlich

	bei 100°	bei 250°	unter Rothgluth	bei mäßiger Rothgluth	bei voller Rothgluth
Kohlensäure .	95,46 .	92,32 .	42,27 .	35,82 .	5,56
Kohlenoxyd .	0,00 .	1,82 .	5,11 .	0,49 .	0,00
Wasserstoff .	4,54 .	5,86 .	48,06 .	58,51 .	87,53
Stickstoff . .	0,00 .	0,00 .	4,56 .	5,18 .	6,91

weder Grubengas, noch eine andere Kohlenwasserstoffverbindung, ebensowenig schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff oder Chlor waren wahrnehmbar.

Die Zusammensetzung dieser Gase weicht wesentlich ab von derjenigen der Gase aus Eisenmeteroiten. In diesen bildet nämlich Wasserstoff die Hauptmasse, und es stieg z. B. in dem Eisen von Lenarto der Wasserstoffgehalt auf 85,68 Proc.; dagegen macht bei dem Meteorstein von Iowa die Kohlensäure mehr als 9/10 der Gase aus, die bis zu einer Temperatur von 250° ausgetrieben werden.

Das Spectrum der Gase wurde mittels einer Vacuumröhre gewöhnlicher Art untersucht. Es zeigte die Spectren

*) Wochenschr. f. Astronomie ꝛc. 1875, S. 364.

des Wasserstoffs und Kohlenstoffs und hatte eine allgemeine Aehnlichkeit mit den Spectren der Gase aus Eisenmeteoriten; doch unterschied es sich von ihnen durch größere relative Helligkeit des Kohlenstoffspectrums; bei einem Drucke von nur wenigen Millimetern trat nämlich das Wasserstoffspectrum sehr zurück, während die drei mittleren Kohlenstoff-Banden im Gelb und Grün sehr intensiv waren. Die größte Intensität zeigte die im Grün. Im breiten Theile der Röhre bildeten diese drei Banden fast ganz allein das Spectrum, die grüne Wasserstofflinie war kaum, die übrigen waren gar nicht erkennbar.

Gerade diese drei Linien sind es aber, die man mit denselben Intensitätsverhältnissen in verschiedenen Kometenspectren beobachtet hat. Denkt man sich nun den Kern eines Kometen aus einem Schwarme solcher Meteoriten bestehend, so würde bei der Annäherung an die Sonne durch die Wärme das Gas ausgetrieben und den Schweif bilden. Die Ursache des Selbstleuchtens der Kometen sucht Wright in der Elektricität. „Sicherlich wird eine Störung des elektrischen Gleichgewichts sich ergeben aus der wärmenden Wirkung der Sonnenstrahlen, und ein Wechsel des elektrischen Potentiales mit nachfolgenden Entladungen wird hervorgebracht werden durch die Bewegung der Gasmoleküle vom Kern und von einander, wie auch durch den Wechsel im Abstande von der Sonne ...“ Es läßt sich aber auch noch eine andere Ursache für das Leuchten denken; es ist nämlich „nicht ganz unwahrscheinlich, daß die von den Gasmassen absorbirten Sonnenstrahlen, obwohl sie zum größten Theil in Wärme umgewandelt werden, zum Theil auch wieder als Licht ausgestrahlt werden und daß bei Gasvolumen, welche mehrere Cubikmeilen ausfüllen, die Intensität genügen kann, um ein deutliches Spectrum von hellen Banden oder Linien zu geben ...“ Wright hält es übrigens für in hohem Grade wahrscheinlich, daß bei hinlänglicher Annäherung eines größeren Kometen an die Sonne eine genügend starke Erwärmung eintritt, um auch Wasserstofflinien in seinem Spectrum zu erkennen.

Auf die gewonnenen Resultate gründet nun Wright folgende Vorstellung von der Beschaffenheit der Kometen. „Wir können einen Kometen betrachten einfach als einen

Meteoriten von beträchtlicher Größe oder als einen Schwarm von mehreren kleinerer Größe, welche große Mengen von Kohlensäure enthalten mit etwas Kohlenoxydgas und etwas Wasserstoff, und welche diese Gase abgeben unter dem Einfluß der Sonnenwärme. Indem die gasigen Massen fortströmen, bilden sie den Schweif, der sichtbar wird, theils durch reflectirtes Sonnenlicht, theils durch sein eigenes Licht, das von einer molekularen und elektrischen Wirkung herrührt und welches ihn bestimmt, das Spectrum der Kohlenstoffverbindungen zu geben. Die Gestalt des Schweifes weist auf eine Art von abstoßender Wirkung hin; ob aber diese herrührt von einer specifischen Wirkung der Sonnenstrahlen, wie Faye glaubt, oder elektrischer Natur ist, wie es von Zöllner behauptet worden, muß noch als Gegenstand weiterer Untersuchung betrachtet werden. Der Verlust an gasigen Bestandtheilen durch die Wirkung der Sonnenwärme erklärt das Schwinden des Schweifes und die Abnahme der Helligkeit, die bei mehreren Kometen in ihren successiven Umläufen beobachtet worden ist, und ihr schließliches Verschwinden aus dem Gesicht wird als eine unvermeidliche Consequenz folgen; die Anzahl Umläufe, die nöthig sind, um sie ihrer gasigen Bestandtheile zu berauben, hängt vorzugsweise ab von ihrer Größe und vom Betrage ihrer Annäherung an die Sonne zur Zeit des Perihels. Die Verbrennung des in den Meteoriten enthaltenen Wasserstoffes und Kohlenoxydes, wenn diese Gase durch die Wärme entwickelt werden, die beim Eintritt in die Atmosphäre erregt wird, muß in hohem Grade dazu beitragen, die Intensität der Wärme zu erhöhen, und beide mögen in dieser Weise und durch die plötzliche Ausdehnung der Gase in Zusammenhang stehen mit dem Zerbersten der Massen und den heftigen Detonationen, die ihr Erscheinen begleiten."

An dieser Stelle mögen noch ein paar nachträgliche Mittheilungen über Meteorsteinfälle des Jahres 1874 Platz finden.

Meteorsteinfall von Sewrukow $\frac{\text{12. Mai}}{\text{30. April}}$ 1874. Ueber diesen im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 23, nur ganz kurz erwähnten Meteorsteinfall sind durch den Herzog

von Leuchtenberg genauere Mittheilungen nebst einem Bruchstücke des Meteoriten an Daubrée gelangt, der darüber der Pariser Akademie Bericht erstattet hat.*) „In der Nacht des 12. Mai 1874, gegen Mitternacht, wurden mehrere Einwohner des Dorfes Sewrukow, District Bjelgorod im Gouv. Kursk, durch die Erscheinung eines hellen Streifens erschreckt, dessen Intensität so groß war, daß alle Gegenstände auf der Erdoberfläche zu erkennen waren; er bewegte sich von Ost nach West. Zwei Minuten etwa nach dem Verschwinden desselben hörte man eine Explosion gleich einem Donnerschlage, welche Erscheinung um so mehr Befremden erregte, als der Himmel wolkenfrei war. Als der Tag angebrochen war, bemerkte man in einem Gemüsegarten ein Loch von 50 Centim. Durchmesser und 1 Meter Tiefe, und als man die Höhlung genauer untersuchte, fand man am Boden einen großen Stein.“ Derselbe hat ein Gewicht von 98 Kilogr. und befindet sich im Museum der Universität Charkow. Er gehört ebenfalls zur Gruppe der Sporadosideren, Section Oligosideren nach Daubrée. Auf den ersten Blick hat er aber ein anderes Aussehen, er zeigt nämlich einen matten schwarzen Bruch, wie manche Basalte, und darin graue Metallkörner von Nickeleisen. Doch rührt die dunkle Farbe nicht, wie z. B. bei dem Meteoriten von Orgueil (14. Mai 1864) von einer kohlenstoffhaltigen Substanz her.

Meteorsteinfall von Castralia 14. Mai 1874.**) Am genannten Tage fielen Nachmittags 2½ Uhr in der Gegend von Castralia in Nash County, Nordcarolina, auf einer Fläche von ungefähr 10 engl. Meilen Länge und 3 Meilen Breite wenigstens ein Dutzend Steine unter wiederholten Explosionen zu Boden. Ein Paar von ihnen hatten ein Gewicht von 1,8 und 5,5 Kilogr. Das specifische Gewicht beträgt 3,6 und sie bestehen aus einer steinigen Masse mit 15,21 Proc. Nickeleisen, welches 6,20 Proc. Nickel und 0,14 Proc. Kobalt enthält. Die Steine sind mit einer schwarzen Kruste bedeckt.

Meteoriten der Wüste Atacama. Bei Gelegenheit einer Mittheilung über ein Paar in dieser Gegend Süd-

*) Comptes rendus LXXXI, p. 661.
**) Dies. LXXX, p. 1453.

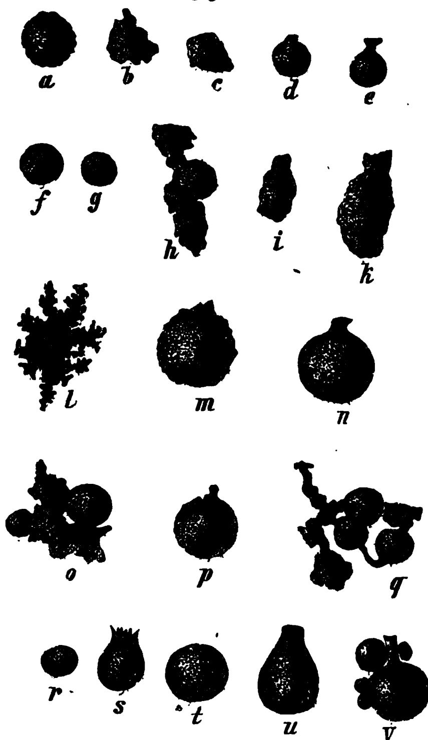
amerikas neu aufgefundene Meteoriten hat Domeyko eine Uebersicht der bisjetzt dort entdeckten Meteoriten gegeben, von denen die Eisenmasse von Atacama, aus der Gegend von Imilac, am längsten bekannt ist.*) Dieses Eisen findet sich in zahlreichen einzelnen Stücken, von denen einige 30 bis 40 Kilogr. wiegen, während sich Tausende von kleinen Stücken von nicht mehr als 0,2 bis 0,3 Gramm Gewicht finden. Die Beschaffenheit ist ganz ähnlich dem bekannten Pallas'schen Eisenmeteoriten. Die zweite Masse ist der „Aërolith von Chaco", von der Quebrada de Vaca Muerta, 12 Meilen von der kleinen Bucht von Huanilla in 25° südl. Breite; er findet sich in isolirten Stücken bis zu mehr als 25 Kilogr. Gewicht, die in Structur und Zusammensetzung von allen anderen Meteoriten von Atacama abweichen. Demnächst folgt in der Reihe der Entdeckungen die Eisenmasse von 104 Kilogr. Gewicht, welche 1867 zwischen dem Rio Juncal und dem Rio de Pedernal gefunden und von der Regierung von Chile dem Pariser Museum d'Histoire naturelle übergeben wurde.**) Dazu kommen dann noch die Eisenmassen von Cachiuyal, 2,55 Kilogr. schwer, jetzt im Nationalmuseum zu Santjago di Chile, und eine andere aus der Gegend von Mejillones, beide gegen Ende 1774 entdeckt.

Im X. Jahrg. dieses Jahrb., S. 35 u. f., haben wir über die Beobachtungen berichtet, welche Nordenskiöld über den kosmischen Staub angestellt hat, der mit atmosphärischen Niederschlägen zur Erde niederfällt. Ueber denselben Gegenstand hat auch Gaston Tissandier Untersuchungen angestellt.***) Er benutzte verschiedene Methoden, um den atmosphärischen Staub zu sammeln. Entweder stellte er im Freien oberhalb des Bodens eine horizontale Papier- oder Porzellanfläche von 1 Qu.-Meter auf; er bekam dann bei ruhigem Wetter auf Wiesen fern von menschlichen Wohnungen 0,01 bis 0,05 Gramm in 24 Stunden. Oder er ließ mittels eines Aspirators Luft durch ein mit destillirtem Wasser gefülltes Gefäß streichen und verdampfte das Wasser im Vacuum über

*) Comptes rendus LXXXI, p. 597.
**) Dies. LXVI, p. 568.
***) Dies. LXXXI, p. 576.

Schwefelsäure. Oder er verdunstete oder filtrirte das Wasser atmosphärischer Niederschläge. Oder er sammelte auch ohne Weiteres Staubmassen von hohen Objecten in unbewohnten Gegenden. Die auf irgend eine Art gewonnenen Staubmassen wurden dann auf einem Bogen Papier ausgebreitet und ein Magnet wurde wiederholt darüber hingeführt; die an demselben haftenden Theilchen wurden mittels eines Pinsels auf einen andern Bogen abgestreift, worauf nochmals mittels eines Magnetes die Eisentheilchen aus ihnen abgesondert wurden, während die Partikelchen, welche blos mechanisch am ersten Magnet hafteten, auf dem Papier liegen blieben. Die so erhaltenen Eisentheilchen wurden dann unter dem Mikroskop mit 500facher Linearvergrößerung betrachtet. Fig. 1 zeigt einige dieser Körperchen. Sie sind ziemlich verschiedenartig; 1. graue amorphe Fragmente von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ Millim.; 2. schwarze und opake, warzenförmige Körperchen, viel kleiner, 0,05 bis 0,01 Millim.; 3. fasrige Theilchen von gleicher

Fig. 1.



Größe; 4. schwarze opake Kugeln von etwa 0,02 bis 0,01 Millim. Durchmesser; 5. ebensolche Körperchen mit einem Halse.

Was die abgebildeten Körperchen anlangt, so sind *a—e* im Juli 1874 von Albert Tissandier auf dem Montblanc in 2710 Meter Höhe gesammelt, *f—k* stammen aus Regen von Sainte Marie du Mont (Dep. Manche) 11. Juni 1875, *l—n* sind am 1. Mai 1871 zu St. Mandé aus der Luft gesammelt. *o—q* sind aus einem den gewöhnlichen Besuchern unzugänglichen Thurme von Notre Dame in Paris.

Tissandier glaubt, daß die warzen- und kugelförmigen Körperchen nicht irdischen, sondern kosmischen Ursprunges sind, daß sie entstehen bei dem Zerspringen der metallischen Meteormassen, die dann glühende Metalltheilchen ausstreuen, von denen die kleinsten vom Winde fortgetragen werden und im mehr oder minder geschmolzenen Zustande als magnetisches Eisenoxyd zur Erde niederfallen. Diese kleinen brennenden Theilchen bilden wahrscheinlich die Schweife der Sternschnuppen und Feuerkugeln. In der That erhielt Tissandier Gebilde ganz ähnlicher Art, wie die atmosphärischen Eisentheilchen, als er ganz feine Eisenfeile durch eine Wasserstoffflamme fallen ließ (s. *r—v* in der Fig.); auch die von einem Feuerstahl beim Feuerschlagen abspringenden Theilchen schmelzen zu ähnlichen, nur größeren Gebilden und ebenso erhält man sphärische Formen dieser Art beim Verbrennen eines Eisendrahtes in Sauerstoff.

Das Zodiacallicht.

Einer der eifrigsten Beobachter dieser immer noch räthselhaften Erscheinung, Prof. Eduard Heis in Münster, hat kürzlich ein ausführliches Zodiacallicht-Verzeichniß veröffentlicht*), welches seine Beobachtungen in Aachen vom Frühling 1842 bis Frühling 1852 und in Münster vom Sommer 1852 bis Frühling 1875, sowie einige auf Reisen angestellte enthält. Dazu kommen noch die Beobachtungen von Weber in Pekeloh bei Versmold 1864—75, Th. Brorsen in Senftenberg 1853—59, Neumayer in Melbourne

*) Heis, Zodiacallicht-Beobachtungen in den letzten 29 Jahren 1847—1875. — 1. Veröffentlichung der Kgl. Sternwarte zu Münster. Münster 1875.

1859—64, Goldschmidt in Paris 1859—60, Eylert auf dem Atlantischen Ocean Mai bis December 1873 u. A.

Was das Verfahren anlangt, welches Heis bei seinen Beobachtungen befolgte, so bemerkt derselbe, daß er jedesmal vor der Einzeichnung des Zodiacallichtes in die Karte den Zustand des Himmels, namentlich das Aussehen der Milchstraße prüfte; erschienen die Grenzen der letzteren verschwommen und waren die sehr schwachen, im „Atlas coelestis novus“ angegebenen Partien nicht wahrnehmbar, so unterblieb die Einzeichnung.

Veränderungen in der Helligkeit und Ausdehnung des Zodiacallichtes, wie sie schon Dominique Cassini beobachtet hat, wurden auch von Heis häufig an ein und demselben Abende bemerkt; da aber gleichzeitig ähnliche Veränderungen in der Milchstraße vorgingen, so glaubt er beide Veränderungen dem Einflusse der Witterung und besonders den Feuchtigkeits-Verhältnissen in den höheren Luftschichten zuschreiben zu dürfen, entgegen der Ansicht Arago's.*)

Zur Einzeichnung des Zodiacallichtes bedarf es eines möglichst dunkeln, weder durch das Dämmerungslicht, noch durch den Mond erhellten nächtlichen Himmels; eine schmale Mondsichel bis zu drei oder vier Tagen vor oder nach dem Neumonde läßt dasselbe noch erkennen. Mit gutem Erfolge bediente sich Heis zur scharfen Erkennung der Grenzen eines inwendig geschwärzten Pappcylinders von etwa 30 Centimeter Durchmesser und Länge, durch den er beobachtete. Wenn durch wiederholtes Aufsuchen der Sterne, in deren Nähe die Spitze des Zodiacallichtes, sowie die nördliche (obere) und die südliche (untere) Grenze sich befanden, der Verlauf des Lichtscheines festgestellt war, erfolgte bei möglichst gedämpftem Lampenlichte die Einzeichnung in die Karte, aus der dann mit einer Genauigkeit bis zu etwa $1/2^0$ die Lage der Grenzen nach Länge und Breite entnommen wurde, wie das Verzeichniß sie enthält. Für die Spitze ist außerdem noch die Elongation von der Sonne angegeben. Ferner sind von 10^0 zu 10^0 der Länge die zugehörigen Breiten der Nord- und

*) Annuaire du bureau des longitudes pour 1836, p. 298.

Südgrenze der Seiten des Zodiacallichtes mitgetheilt, sowie das arithmetische Mittel daraus, die Breite der Achse.

Von Interesse ist vielfache Uebereinstimmung im Betreff der Lage der Spitze zwischen den Beobachtungen von Heis und denen, welche vor fast 200 Jahren der ältere Cassini anstellte. So fand Cassini am Abende des 27. Februar 1685 in Paris die Spitze in etwa 66° Länge, und 179 Jahre später beobachtete Heis in Münster am 28. Februar ein sehr helles Zodiacallicht, dessen Spitze 66 1/2° Länge hatte; ferner beobachtete Cassini am Morgen des 4. December 1685 die Spitze bei 187° Länge und + 1° Breite, Heis dagegen am Morgen des 3. December 1853 in Münster bei 186° Länge und + 1° Breite.

Fig. 2.

Spitze und Achse des Zodiacallichtes liegen nach den Beobachtungen in Aachen, Münster und Peckeloh meist nördlich von der Ekliptik; auffallend große südliche Breiten der Spitze beobachtete Heis in Aachen am 13. Februar 1849 abends (—9°) und in Münster am 26. Januar 1864 abends (—5°).

Heis war besonders bemüht, ein möglichst vollständiges Bild des Zodiacallichtes zur Zeit des Neumondes zu gewinnen. Zuerst gelang dies in der Nacht des 23.—24. December 1851, wo der östliche Theil abends 7 Uhr, der westliche früh 6 Uhr eingezeichnet wurde. Die Längsachse hatte 147 1/2°, die Querachse 57°; s. Fig. 2. Noch größere Ausdehnung zeigte das

Zodiacallicht in Aachen 20. Januar 1852 ($169\frac{1}{2}^0$ Längsachse) und 3.—4. Februar 1856 zu Münster ($168\frac{1}{2}^0$ Längs- und $34\frac{1}{2}^0$ Querachse). Daß die Südgrenze der Sonne näher steht, als die Nordgrenze rührt wohl daher, daß erstere durch den Einfluß des Horizontes verwischt wird.

Rev. George Jones hat bei den Beobachtungen, welche er während der Japanexpedition der Vereinigten Staaten 1853—55 anstellte, das Zodiacallicht als einen hellen kegelförmigen Schein mit einer schwachen nebligen Umhüllung gesehen. Auch Brorsen in Senftenberg und Neumayer in Melbourne haben die Unterschiede zwischen dem helleren Kerne und der matteren Hülle, der besonders in den Tropen deutlich sichtbar ist, bemerkt und unabhängig von ihnen hat auch Eylert auf einer Seereise von Hamburg nach Buenos-Ayres, der Capstadt und Leith 1873 einen inneren und äußeren Kegel wahrgenommen. Der innere Kegel war nicht immer gleichbreit, bisweilen wurde er sogar linienförmig, in welchem Falle dann seine Achse nicht immer mit der der äußeren Hülle zusammenfiel. Vergl. Fig. 3. und Fig. 4.

Fig. 3.

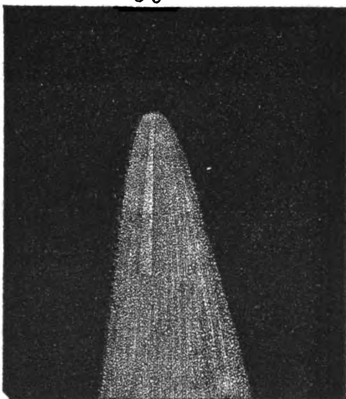
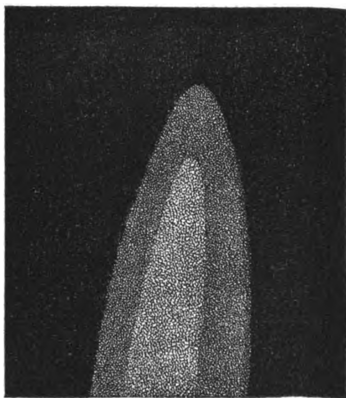


Fig. 4.



Den Gegenschein des Zodiacallichtes, d. h. einen

schwachen, der Sonne nahe gegenüberstehenden Schimmer ohne scharfe Grenzen, den Brorsen 1854 in Senftenberg in Böhmen entdeckte, hat Heis seit 6. Februar 1869 in Münster mehrfach beobachtet; er sah ihn meist in elliptischer Form, wobei der Mittelpunkt nur um wenige Grade von dem der Sonne gerade gegenüberliegenden Punkte abstand und die große Achse meist parallel zur Ekliptik war. Auch Julius Schmidt in Athen, Schiaparelli, Eylert u. A. haben diese Erscheinung beobachtet.

Brorsen hat darauf aufmerksam gemacht, daß der Frühlings-Gegenschein gegen Mitte April sich durch einen Lichtstreifen mit dem westlichen Zodiacallichte verbindet, und die Beobachtungen von Jones in Quito haben diese Wahrnehmung bestätigt und erweitert. Nach des Letzteren Angabe sieht man das Zodiacallicht häufig in Gestalt einer Brücke längs der Ekliptik in einer Breite von etwa 20° am Himmel sich hinziehen. Auch Schiaparelli sah in der Nacht des 3. Mai 1862 gegen Mitternacht das Zodiacallicht in einer Breite von etwa 15° durch die Sternbilder der Zwillinge, des Löwen, der Jungfrau, der Wage des Scorpion über die ganze sichtbare Halbkugel des Himmels sich hinziehen, und eine ähnliche Erscheinung hat Heis selbst vor 45 Jahren in Cöln beobachtet.

Merkwürdig ist die halbkreisförmige Gestalt des Zodiacallichtes, welche Eylert an den Abenden des 8. und 9. December 1873 auf dem Atlantischen Oceane in 20—21° nördl. Breite bei ausgezeichnet klarer Luft beobachtet hat.

Aus den Zusammenstellungen, welche die Schrift enthält, ersieht man, daß das Zodiacallicht in Münster das ganze Jahr hindurch (mit Ausnahme nur dreier Pentaden), sogar um die Zeit der Sommersolstitien beobachtet worden ist.

Rücksichtlich der Erklärung der ganzen Erscheinung bringt Heis eine Vermuthung in Erinnerung, der er zuerst 1856 in einer Sectionsversammlung der deutschen Naturforscher in Wien ausgesprochen hat und „nach welcher das Zodiacallicht als ein Nebelring um die Erde anzusehen sein möchte; ob dieser Ring wirklich existirt, ob er innerhalb oder außerhalb der Mondbahn sich befindet, möchte wohl aus genauen, an verschiedenen Orten der nördlichen oder südlichen

Hemisphäre unserer Erde anzustellenden gleichzeitigen Beobachtungen festzusetzen sein."

Die Sonne.

Die Relativzahl der Sonnenflecken für das Jahr 1874 ist von Prof. Rudolph Wolf aus seinen eigenen Beobachtungen an 293 Tagen, sowie aus denen von Billwiller, Weber in Peckeloh, Tacchini in Palermo, Schmidt in Athen und Secchi in Rom berechnet und = 44,6 gefunden worden.*) Eine Vergleichung mit den Relativzahlen der Vorjahre (s. S. 27 des vorigen Jahrg. dieses Jahrb.) gestattet den vorläufigen Schluß, daß etwa 187⁵⁄₆ ein neues Sonnenfleckenminimum eintritt; „auch die 12 fleckenfreien Tage des Jahres 1874", bemerkt Wolf, „an welche sich nun bereits für die erste Hälfte des Jahres 1875 mindestens 36 weitere fleckenfreie Tage anschließen, lassen erwarten, daß das Minimum kaum später als 1876 eintreffen wird, und somit Aussicht da ist, daß die nach meiner Epochentafel alle 80 bis 90 Jahre zu erwartende kurze Periode, auf deren muthmaßliches Eintreffen ich schon wiederholt und namentlich 1868 vorbereitet habe, wirklich eintreffen werde." Sollten die magnetischen Variationen auch an dieser Anomalie theilnehmen, so dürften alle Zweifel am Parallelismus der Sonnenflecken- und der Variationscurve schwinden.

Im Anhange zum dritten Bande der **Memorie delle spettroscopisti Italiani** hat Schiaparelli die mit dem Jahre 1836 beginnende Reihe der Mailänder Declinations-Variationen veröffentlicht und dabei nicht nur die Jahresmittel, sondern auch die sämmtlichen Monatsmittel der täglichen Differenzen zwischen den Morgens und Abends ungefähr zur Zeit der äußersten Stände beobachteten Declinationen gegeben. Es ist dadurch Wolf veranlaßt worden, in entsprechender Weise, wie er bisher Jahresformeln für die Variation aufgestellt hat, auch Formeln für die einzeln Monate abzuleiten. Dabei beschränkte er sich indessen auf die 25 Jahre 1849—73, welche seine eignen Sonnenfleckenbeobachtungen

---

*) Astron. Mittheil. Nr. 38; Zeitschr. f. Astronomie ꝛc. 1875, S. 356.

umfassen, ordnete diese Jahre nach den mittleren jährlichen Relativzahlen und theilte sie in 5 Gruppen wie folgt:

1870, 71, 72, 49, 60; 1859, 61, 69, 50, 73;
1851, 62, 58, 52, 64; 1863, 53, 68, 65, 57;
1854, 66, 67, 55, 56.

Dann wurde für jeden Monat die mittlere Sonnenflecken-Relativzahl, sowie die mittlere Mailänder Variation berechnet. Dabei ergab sich, daß die Formel

$$q_n = 4' 785 + 3' 641 . \sin (277^0 39' + n . 30^0),$$

in welcher n die Monatsnummer bezeichnet, nahezu die bei fleckenfreier Sonne in Mailand zu beobachtenden mittleren Variationen darstellt. Hieraus folgt, daß der vom Fleckenstande der Sonne unabhängige Theil der Variation kurz vor den Aequinoctien (nämlich für n = 2,74 und n = 8,74) seinen mittleren Werth, kurz vor dem Sommersolstitium (für n = 5,74) sein Maximum und kurz vor dem Wintersolstitium (für n = 11,74) sein Minimum erreicht. Es scheint darin eine Bestätigung einer schon 1865 von Wolf ausgesprochenen Vermuthung zu liegen, „daß etwas mit der Sonnendeclination Zusammenhängendes einen entschiedenen Einfluß auf die Größe der täglichen Bewegung der Magnetnadel ausübe.“

Genaue Beobachtungen der Sonnenflecke sind von S. P. Langley auf der Sternwarte zu Alleghany in Pennsylvanien angestellt worden.*) Besonders eingehend beschreibt er einen vom 23. bis 25. December 1873 untersuchten Fleck, den er als typisch bezeichnet. Seinen Beobachtungen zufolge bestehen die Höfe aus spiralförmig geordneten Fäden, deren Richtung ebenso wie die Gestalt des äußeren Randes des Hofes auf eine gegen das Centrum des Fleckes gerichtete Kraft hindeutet. Die schon lange beobachtete Thatsache, daß der innere, dem Kern nahe Rand der Höfe heller ist als der äußere, erklärt sich dadurch, daß jeder einzelne Faden gegen sein inneres Ende hin heller wird. Die Dunkelheit der Kernflecke fand Langley nur sehr gering; selbst die schwärzesten sind noch 5—10000 mal heller als der Vollmond. Auch die rothbraune Masse im Kern löst sich in Fäden auf, die ebenfalls gegen ihre Enden hin heller werden, so daß die Spitzen

*) American Journ. of Science Ser. III, Vol. IX, Nr. 51.

als isolirte helle Punkte erscheinen, die man schon früher beobachtet hat.

Diese faden- oder halmartige Structur der Höfe der Sonnenflecken, die auch schon von Nasmyth, Dawes, Secchi u. A. beobachtet worden ist, hat Anlaß gegeben zur Aufstellung einer Theorie über die physische Constitution der Sonne seitens des französischen Physikers G. Planté, welcher sich bereits mehrfach bemüht hat, die Erscheinungen, welche durch elektrische Ströme von bedeutender Spannung bewirkt werden, zur Erklärung kosmischer Phänomene zu benutzen. Die elektrische Erscheinung, um welche es sich in diesem Falle handelt, ist folgende*):

„Ein mit Salzwasser befeuchtetes Stück Filterpapier wird mit dem negativen Pole einer secundären Spannungs-Batterie**) von 400 Elementen in Verbindung gesetzt. Kaum berührt dann der positive Draht die feuchte Oberfläche, so entsteht unterhalb desselben, unter Entwickelung von Licht und Aufsteigen von Dämpfen, eine kraterförmige Oeffnung, deren Ränder mit zahllosen trocknen und in einander verflochtenen Fasern besetzt sind. Gleichzeitig findet man den positiven Draht mit einer Schicht fortgerissener Papiermasse bedeckt, und faserförmige Papierreste haften bis auf eine Entfernung von 10 bis 15 Centimeter an der Elektrode. Die Spitzen der Fasern sind gegen die positive Elektrode gerichtet, so daß, wenn man diese unterhalb des Papieres anbringt, man auf der Oberseite keinen hervorragenden Krater, sondern eine einfache Vertiefung wahrnimmt, deren fasrige Ränder wie durch Saugwirkung gegen den Punkt hin gebogen sind, wo sich die positive Elektrode befindet. Manche Fasern sind in Folge ihrer großen Länge und der plötzlichen Austrocknung hakenförmig am Ende gebogen.“ Die umstehende Figur 5 zeigt einige solche Gebilde in natürlicher Größe.

Da es nun schwierig ist, die fadenförmigen Gebilde der Sonnenfleckenhöfe durch rein mechanische Wirkungen zu erklären,

---

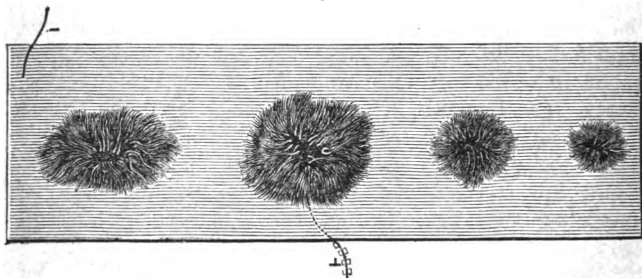
*) Comptes rendus LXXXII, p. 816.

**) Diese secundäre (Polarisations-)Batterie besteht aus Bleiplatten, die in angesäuertem Wasser stehen. Vergl. Comptes rendus LXVI, p. 1265.

während bei der Annahme elektrischer Kräfte die Erklärung leichter wird, weil die Elektricität die Eigenschaft hat, Substanzen, die sich ihr entgegenstellen, zu spalten, zuzuspitzen oder in Faden zu zertheilen, um sich mehrfache Wege zu bahnen, so ist Planté auf den Gedanken gekommen, die Sonnenflecken durch den Ausbruch positiver Elektricität aus dem Innern des Sonnenkörpers zu erklären, entsprechend der nach Innen gekehrten Richtung der fadenförmigen Gebilde in den Penumbren.

Zur weiteren Prüfung dieser Hypothese hat derselbe auch die Erscheinungen untersucht, welche glühende Eisen- und Stahlkugeln von 7—8 Millim. Durchmesser darbieten, die man durch

Fig. 5.



Schmelzung starker Drähte mittels des elektrischen Stromes erhält. Es ergaben sich dabei folgende Resultate:

„1. Ihre flüssige, glühende Oberfläche erscheint bewegt, wellenförmig und mit Flecken jeder Größe übersät, die durch Gasblasen entstehen, welche aus dem Innern der Kugel hervorbrechen, wobei sie ein lebhaftes Aufwallen verursachen; 2. diese Blasen entwickeln sich so rasch, daß es schwer hält, ihre verschiedenen Phasen zu erfassen; 3. die erkalteten Kugeln zeigen eine runzelige, rauhe Oberfläche; 5. man bemerkt, daß sie hohl sind und daß ihre Hülle um so dünner ist, je mehr Gas das Metall gebunden enthielt."

Nach Analogie dieser Erscheinungen bildet sich nun Planté folgende Vorstellung von der Sonne: 1. dieselbe ist eine hohle elektrisirte Kugel, im Innern mit Gas und Dämpfen erfüllt und bedeckt mit einer flüssigen Hülle von geschmolzener,

glühender Masse; 2. die Runzeln rühren von wellenförmigen Bewegungen der flüssigen Oberfläche her; 3. die Flecken werden durch elektrische, aus dem Innern hervorbrechende Gas- oder Dampfmassen erzeugt, welche die flüssige Hülle durchbrechen; 4. die Fackeln scheinen eine glänzende Phase in der Erhebung der Gasmassen zu sein, wenn sie der Oberfläche nahe sind, noch vor dem Durchbruche; 5. die Protuberanzen werden von den Gasmassen selbst gebildet, die bei höherer Temperatur und daher heller leuchtend aus dem Innern kommen als die äußere Atmosphäre.

Dem möglichen Einwurfe, daß bei der Entstehung von Metallkügelchen ein elektrischer Strom vorhanden ist, während die Sonne frei im Weltraume schwebt, sucht Planté durch den Hinweis zu begegnen, daß beim Schmelzen des Leitungsdrahtes der Strom auch unterbrochen wird und daß man doch während des kurzen Momentes, daß der gebildete Tropfen glüht, Flecke entstehen und Gasblasen hervorbrechen sieht. „Wenn diese Erscheinung bei einer so kleinen Masse eine wahrnehmbare Zeit hindurch fortdauert, so begreift man, welche Dauer sie haben kann, wenn es sich um den ungeheuern Sonnenball handelt. Die einmal mitgetheilte elektrische Schwingungsbewegung dauert fort, gleich der mechanischen Bewegung, mit den ihr eigenen physischen und chemischen Wirkungen. So erzeugt auch die Sonne nicht selbst die Elektricität, welche sie besitzt, ebensowenig wie die Wärme und das Licht, welche Umwandlungen derselben sind; es ist ein Vorrath, den sie von dem Nebelringe empfangen hat, von dem sie ein leuchtendes Theilchen ist, bestimmt dereinst zu erlöschen; dieser Nebelring stammt von einer andern elektrischen Welle und sofort bis zur ersten Ursache, der Schöpferin aller Kraft und Bewegung. Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so ist das durch eine lange Reihe von Jahrhunderten fortgesetzte Glühen des Sonnenballes selbst nur ein Funke von kurzer Dauer in der Unendlichkeit der Zeit und des Raumes.“

Was die Erklärung der Fackeln anlangt, so hat Prof. Spoerer, jetzt in Potsdam, schon vor Jahren aus seinen Beobachtungen den Schluß gezogen, daß dieselben mit der „flammigen Chromosphäre“ identisch seien. Mit letzterem Namen bezeichnet er nämlich die Erscheinung, daß die Chromo-

sphäre auf einer größeren Fläche, aber in geringer Höhe, von zahllosen Strahlen glühender Metalldämpfe durchsetzt wird (vergl. Jahrg. VIII dieses Jahrb. S. 56). Bisher ist aber die Thatsache unerörtert geblieben, daß die Fackeln nicht in der Mitte der Sonnenscheibe, daß sie zwar nahe dem Rande, am besten aber in gewissem Abstande von demselben sichtbar sind. In dieser Hinsicht macht nun Spörer darauf aufmerksam*), daß es besonders die abgekühlten metallischen Dämpfe zwischen den glühenden Strahlen sind, die hierbei in Betracht kommen. „Von besonderen Formen der flammigen Protuberanzen absehend, betrachten wir hauptsächlich die in Spitzen auslaufenden Strahlen, welche oft vor den Augen des Beobachters ihre Leuchtkraft verlieren und verlöschen, indem dann offenbar an der betreffenden Stelle die metallischen Dämpfe nicht leuchtend noch vorhanden sind. Dies gilt in gleicher Weise für die kürzeren Strahlen der flammigen Chromosphäre, deren Bild ebenso veränderlich ist, wie man es bei den höheren flammigen Protuberanzen beobachtet. Auch in der flammigen Chromosphäre findet ein schneller Wechsel der Strahlen statt; neue entstehen und verschwinden; und die längere Dauer dieses Vorganges erhält den Charakter der flammigen Chromosphäre, welche demnach zu vergleichen ist einem glänzenden Gebirgszuge, dessen Thäler mit Nebel erfüllt sind. Dies Bild wollen wir weiter verfolgen. Im Bezug auf die Gesammthelligkeit ist es offenbar ungünstig, senkrecht herabzublicken, weil alsdann zwar sämmtliche helle Spitzen des Gebirges, aber auch die nebligen Thäler sichtbar sind. Die günstigste Stellung ist die schräge Richtung, bei welcher noch sämmtliche helle Spitzen gesehen werden, indessen die Nebelthäler verdeckt sind. Eine Verminderung der Helligkeit tritt durch Annäherung an die tangentiale Richtung dadurch ein, daß dabei manche der hellen Spitzen verdeckt werden. Bei dieser bildlichen Vergleichung kommt wenig darauf an, daß die flammigen Strahlen nicht völlig als undurchsichtige Berge zu betrachten sind. Ob sie mehr oder weniger durchscheinend sind, läßt sich schwer bestimmen.“ Als Spörer im Jahre 1871 die Identität der Fackeln mit der flammigen Chromosphäre behauptete, wies

*) Astron. Nachr. Bd. 87, Nr. 2073.

er darauf hin, daß sich bis zum nächsten Fleckenminimum mit der Abnahme der Intensität der Fackeln zugleich auch eine Abnahme der flammigen Chromosphäre und der flammigen Protuberanzen zeigen müsse; dies ist vollständig eingetroffen.

Schon im vorigen Jahrg. S. 30 ist der Beobachtungen Langleys über die relative Wärmestrahlung der verschiedenen Theile der Sonne gedacht worden. Neuerdings hat nun Langley wieder einige Ergebnisse dieser Untersuchungen mitgetheilt.*)

„Um zu bestimmen, ob bei gleichem Abstande vom Mittelpunkte die Wärme nach den Polen hin größer oder kleiner ist als am Aequator, hat man das Mittel der Messungen im Norden und Süden mit dem Mittel der Messungen im Osten und Westen verglichen, und um die scheinbare Zunahme der Absorption nach dem Rande hin zu bestimmen, wird das Mittel aus allen Messungen genommen. Diese Methode hat mich beiläufig dahin geführt, zahlreiche leichte und zeitweilige Unregelmäßigkeiten in der Vertheilung der Wärme, wie des Lichtes wahrzunehmen. Diese vorübergehenden Fluctuationen scheinen der Hypothese einiges Gewicht zu verleihen, daß die Sonne in der Hauptsache gasförmig ist und daß die Vertheilung der Wärme an ihrer Oberfläche durch Strömungen erfolgt, denn diese Strömungen müssen nothwendigerweise Unregelmäßigkeiten herbeiführen, und obwohl dieselben wahrscheinlich zu schwach sind, um für unsere feinsten Hilfsmittel direct wahrnehmbar zu sein, so könnten sie gleichwohl sich durch ihre secundäre Wirkung zeigen in den localen zeitweiligen Störungen einer wenig dicken, aber stark absorbirenden Atmosphäre."

Die Zahlen, welche Langley für die Wärme an verschiedenen Punkten der Sonne angiebt, die des Centrums = 100 gesetzt, sind auf der folgenden Seite angegeben, wobei daran zu erinnern ist, daß die Wärmestrahlen vor ihrer Messung durch unsere Atmosphäre sowie durch die Gläser des Fernrohrs gegangen sind.

Als Differenz zwischen den Mittelwerthen aus Nord und Süd und denen aus Ost und West ergiebt sich + 0,01 ± 0,24. „Dies zeigt, daß wenn während der letzten Monate

*) Comptes rendus LXXXI, p. 436.

Abstand vom Mittelpunkte	Nord		Ost		Süd		West	
	Anzahl der Beob.	Mittel	Anzahl der Beob.	Mittel	Anzahl der Beob.	Mittel	Anzahl der Beob.	Mittel
0,50	18	94,9	18	94,7	18	94,5	18	95,9
0,75	31	86,5	24	85,6	17	85,5	26	84,0
0,96	7	60,7	10	60,6	8	62,3	8	63,9
0,98	30	50,8	32	47,7	31	49,5	31	52,2

des Jahres 1874 ein Unterschied zwischen der äquatorialen und polaren Wärme der Sonne vorhanden war, er im Mittel von mehr als 300 Messungen nicht wahrgenommen werden konnte und auf alle Fälle wahrscheinlich einen Bruchtheil von einem Procent der Strahlung des Centrums nicht übertraf. Wenn daher der P. Secchi Grund zu der Behauptung hat, daß während des Jahres 1852 vom 30. Parallel an ein Unterschied von mehr als 6 Proc. bestand*), so muß man aus den jetzigen Beobachtungen den Schluß ziehen, daß in der Vertheilung der Wärme auf der Oberfläche der Sonne bedeutende periodische Schwankungen vorkommen, welche bis jetzt unbemerkt geblieben sind und deren Gesetze man nicht kennt."

Eine parallele photometrische Untersuchung ergab an allen Punkten für das Licht eine größere Absorption als für die Wärme, und zwar stellte sich vorzugsweise eine große Absorption der stark brechbaren Lichtstrahlen heraus. So erklärt sich die Erfahrung, „daß wenn durch passende Mittel das Licht des Centrums und das von Punkten, die dem Rande näher sind, neben einander gelegt werden, ersteres blau erscheint durch Contrast mit letzterem, welches von röthlichbrauner Farbe ist."

Ueber die Corona der Sonne hat Dr. J. Janssen während der Sonnenfinsterniß vom April 1875 in Bangchallo in Indien Beobachtungen angestellt, über deren Ergebnisse er vor der mathematisch-physischen Section der British Association

*) Comptes rendus LXXX, p. 1277.

in Bristol Bericht erstattete*). Die wesentlichsten Resultate sind:

1. Die Feststellung der Thatsache, daß die hellgrüne Eisenlinie Nr. 1474 der Kirchhoff'schen Scala (Wellenlänge 532) in der Corona stärker ausgesprochen ist als in den Protuberanzen. Diese Linie scheint sogar am Rande der Protuberanzen plötzlich aufzuhören, ohne in sie hineinzugehen. Das Licht, welche die Linie 1474 giebt, gehört somit gänzlich der Corona an. Diese Beobachtung ist einer der strengsten Beweise, welche dafür angeführt werden können, daß die Corona ein wirkliches Object ist, eine selbst leuchtende Materie. Die Existenz einer Sonnenatmosphäre oberhalb der Chromosphäre, welche Janssen 1871 erkannte und mit dem Namen Corona-Atmosphäre zu belegen vorschlug, erhält somit ihre Bestätigung.

2. Im Jahre 1871 gab Janssen an, daß die Corona-Atmosphäre sich von einem halben bis zu einem ganzen Durchmesser an manchen Punkten erstrecke. Diese Angabe ist nun nicht blos durch directe Beobachtung, sondern auch durch die Photographie bestätigt worden. Auf Ersuchen Janssen's nahm Schuster Photographien der Corona auf mit 1, 2, 4 und 8 Secunden Expositionszeit. In dieser Reihe von Photographien nimmt die Höhe der Corona mit der Expositionszeit zu. Die Höhe der Corona auf den 8 Secunden-Photographien übertrifft an einigen Punkten einen Sonnenradius. Dabei muß allerdings dem Einflusse der Erdatmosphäre Rechnung getragen werden. Janssen erwähnt dann noch, daß er in Bangchallo bei nicht ganz klarem Himmel auch einige Erscheinungen bemerkt habe, die frühere Beobachtungen erklären, welche gegen die Existenz einer weit ausgebreiteten, glühenden, gasigen Corona zu sprechen schienen.

Fixsterne und Nebel.

Sternkataloge. Ein interessantes Sternverzeichniß aus der Mitte des zehnten Jahrhunderts ist von Schjellerup veröffentlicht worden**). Der Verfasser, Abd-al-Rahman

*) Nature XII, p. 404.

**) Description des Étoiles Fixes, composée au milieu du dixième siècle de notre ère par l'Astronome Persan Abd-al-Rahman al-Sûfi, par H. C. F. C. Schjellerup. St. Pétersbourg 1874.

al-Sufi wurde 903 n. Ch. in Rai, einem Orte im Osten von Teheran, geboren und starb im Mai 986. Damals standen die mathematischen Wissenschaften in Persien in hohem Ansehen und namentlich das Geschlecht der Bujiden, welches 946 die Würde des Emir ul umara erlangte und die weltliche Herrschaft in Persien und Bagdad führte, begünstigte die Astronomie. Einer der mächtigsten Emire dieser Familie war Adud-ed-Daula (978—983), bei dem al-Sufi in hoher Gunst stand; er soll sein Werk hauptsächlich zur Belehrung dieses Fürsten geschrieben haben. Uebrigens war al-Sufi nicht blos ein astronomischer Beobachter, sondern nach dem Zeugnisse des Ibn Yunos lieferte er auch astronomische Tafeln. Das Manuscript, von welchem Schjellerup eine Uebersetzung geliefert hat, kam 1763 in Niebuhr's Hände und befindet sich jetzt in der königlichen Bibliothek in Kopenhagen; es ist eine im Jahre 1601 gefertigte Abschrift eines älteren Manuscriptes vom Jahre 1013, welches unmittelbar nach der Handschrift al-Sufi's angefertigt ist. Nach Vollendung der Uebersetzung wurde dieselbe noch mit einem andern Manuscripte des Sufi'schen Werkes in der kaiserlichen Bibliothek in St. Petersburg verglichen.

Das Werk al-Sufi's lehnt sich zwar an das Sternverzeichniß des Ptolemäus an, ist aber keineswegs eine einfache Wiederholung desselben; vielmehr hat der persische Astronom alle Angaben des Ptolemäus kritisch geprüft und durch directe Beobachtung die Position, Größe, Färbung der einzelnen Sterne bestimmt, so daß wir in seinem Werke ein zuverlässiges Bild des astrognostischen Wissens seiner Zeit vor uns haben, dem 9 Jahrhunderte lang, bis zum Erscheinen von Argelanders „Uranometria nova" keine ebenbürtige Arbeit zur Seite trat. Der Beschreibung des Fixsternhimmels hat Schjellerup noch ein „Tableau synoptique de l'intensité lumineuse des étoiles principales selon Ptolémé (ou Hipparch), Sûfi et Argelander" vorangestellt, eine Uebersicht, welche besonders bei der Beobachtung von Sternen, bei denen man Veränderlichkeit muthmaßt, sehr nützlich sein kann. Die dem Ptolemäus zugeschriebenen Sterngrößen sind dem Werke des Sufi entlehnt und nicht identisch mit den in den Ausgaben des „Almagest" enthaltenen, die Schjellerup verwirft.

Die Längen der Sterne sind bei al-Sufi wegen der Präcession um 12° 42′ größer als bei Ptolemäus.

Im Allgemeinen stimmen die Größenangaben von Ptolemäus und Argelander gut überein, Abweichungen um eine Größeneinheit sind nicht häufig. Zu den Sternen, wo die Abweichung am bedeutendsten ist, gehören 25 Orionis und ϱ Eridani, die von Ptolemäus als Sterne 3. und 4. Größe angegeben werden, während Argelander sie als hell 5. und 6. Größe beschreibt; die Angabe al-Sufi's liegt gerade in der Mitte, er schätzt den ersten Stern 4., den zweiten 5. Größe.

Merkwürdig ist die Angabe al-Sufi's, daß der Stern Algol, β Persei, dessen Veränderlichkeit Geminiani Montanari 1667 entdeckte, im 10. Jahrhunderte von röthlicher Farbe war, während er jetzt ganz farblos ist. Der persische Astronom schreibt dieselbe Farbe wie dem Algol, auch dem Antares, Aldebaran, α Hydrae und andern, auch heute noch rothen Sternen zu.

Sirius wird in den Ausgaben des Ptolemäus auch als röthlich bezeichnet, doch hält dies Schjellerup für eine falsche Lesart. Al-Sufi gedenkt der rothen Farbe des Sirius nicht, obwohl er andere röthliche Sterne erwähnt. Im classischen Alterthum spricht zuerst Cicero von dem Sirius als einem rothen Sterne, nachher Horaz; nach Seneca wird der rothen Färbung nicht mehr gedacht, auch Eratosthenes, Aratus, Manilius, Hyginus und Germanicus schweigen über diese Eigenschaft.

Der schöne Nebelfleck am Gürtel der Andromoda, den im Abendlande zuerst Simon Marius am 15. December 1612 als einen neuen, von Tycho Brahe nicht genannten, wundersamen Weltkörper erkannte, wird von al-Sufi als allgemein bekannt erwähnt.

Ferner ist hier namhaft zu machen das von Prof. L. von Lamont in München veröffentlichte sechste Verzeichniß von teleskopischen Sternen nördlich von + 15° und südlich von — 15° Declination, welche in den Münchener Zonenbeobachtungen vorkommen, reducirt auf den Anfang des Jahres 1850 *).

*) XIII. Supplement-Bd. der Annalen der kgl. Sternwarte bei München. München 1874. — Vergl. Argelander in der Vierteljahrsschrift der astron. Gesellschaft IX, S. 95 u. f.

Sämmtliche zeither veröffentlichte Münchener Kataloge enthalten 34634 Nummern und es sind durch sie die Positionen von ungefähr 12000 Sternen zum ersten Male bestimmt worden.

Von großer Bedeutung für die Kenntniß des südlichen gestirnten Himmels sind die Arbeiten der Sternwarte Cordoba in Argentinien. Von 1872—74 sind dort Beobachtungen der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne angestellt worden, welche als Grundlage für die von Dr. Gould bearbeitete, „Uranometria Argentina" dienen. Auf 13 Karten werden gegen 8500 Sterne, von denen $^9/_{10}$ der südlichen Hemisphäre angehören, verzeichnet und ihre Helligkeit bis auf Zehntel der Einheit angegeben. Die Karten reichen bis 10° nördlicher Declination und werden, wie bei den ähnlichen Werken von Argelander, Heis und Behrmann, von einem Sternkataloge begleitet. Seit der Aufstellung des großen Meridianinstrumentes im September 1872 wurden in Cordoba auch fleißig Zonenbeobachtungen angestellt, um einen ausführlichen Katalog aller Sterne bis herab zur neunten Größe zwischen 23° und 80° südlicher Declination vorzubereiten. Im Jahre 1874 waren bereits 82537 Sterne beobachtet worden. Ferner soll ein kleinerer Katalog gegen 5000 der helleren Sterne der südlichen Halbkugel enthalten, von denen jeder wenigstens viermal beobachtet ist, und es wurden im Jahre 1874 gegen 3600 Sterne zu diesem Zwecke beobachtet*).

Ein anderes wichtiges Sternverzeichniß ist der „First Melbourne General Catalogue", welcher die Positionen von 1227 Sternen der südlichen Halbkugel für den Anfang des Jahres 1870 auf Grund der am Transitkreise der Sternwarte Melbourne von Mitte 1863 bis Ende 1870 unter Ellery's Leitung vorgenommenen Messungen enthält. In diesem Kataloge befindet sich auch der durch seine starke Eigenbewegung ausgezeichnete Stern ε Indi, und aus der Vergleichung der Melbourner Beobachtungen mit den von Jacob in Madras 1852 angestellten ergiebt sich die jährliche Eigenbewegung im Bogen eines größten Kreises = 4″ 58, was mit älteren, weniger zuverlässigen Bestimmungen, gut übereinstimmt.

---

*) Nature XII, p. 292.

Es ist dieser Stern der vierte in der hier folgenden Tabelle der Sterne mit starker Eigenbewegung:

	jährl. Eigenbewegung	Richtung der Bewegung	Größe
Groombridge 1830	7″ 05	145° 0	7
61 Cygni	5 21	51 8	5½
Lalande 21185	4 73	186 6	7
ε Indi	4 58	124 8	5½
Lalande 21258	4 40	282 4	8½
40 Eridani	4 09	212 0	4½
μ Cassiopeiae	3 83	115 3	5½
α Centauri	3 81	276 6	5½

Bei dieser Gelegenheit mag noch erwähnt werden, daß man vor Kurzem auf Grund einer Vergleichung von Beobachtungen Taylor's in Madras 1838 oder 1839 mit denen Argelander's 1851 dem Sterne 9. Größe Nr. 11237—8 in Oeltzen's Katalog eine jährliche Eigenbewegung von 4″73 beizulegen geneigt war. Prof. Winnecke in Straßburg hat aber nachgewiesen, daß in Taylor's Angabe ein Fehler sein müsse und daß der betreffende Stern keine so große Eigenbewegung habe.*).

Rothe Sterne. Im Jahre 1866 hat Prof. Schjellerup ein Verzeichniß isolirter rother Sterne veröffentlicht**), welches 293 Objecte enthält; von diesem Katalog ist neuerdings eine vermehrte Ausgabe mit mehr als 400 Sternen erschienen***). Wie der Verfasser hervorhebt, hat der erste Katalog „in zwei Richtungen sich über Erwarten nützlich erwiesen, indem er zur Entdeckung einiger neuen Variabeln geführt hat, und überdieß Secchi zur Auffindung mancher Sterne des III. Typus und aller Exemplare seines IV. Sterntypus führte.“ Was die Vertheilung auf die einzelnen Rectascensionsstunden betrifft, so enthält der neue Katalog in

0^h—1^h	11	Sterne	8^h—9^h	18	Sterne	16^h—17^h	18	Sterne
1—2	17	„	9—10	9	„	17—18	12	„
2—3	13	„	10—11	14	„	18—19	31	„
3—4	12	„	11—12	7	„	19—20	16	„
4—5	22	„	12—13	24	„	20—21	20	„
5—6	26	„	13—14	10	„	21—22	17	„
6—7	21	„	14—15	15	„	22—23	15	„
7—8	22	„	15—16	14	„	23—24	18	„

*) Nature XIII, p. 168. 226.
**) Astron. Nachr. Nr. 1591 u. 1613.
***) Vierteljahrschr. der Astron. Gesellsch. IX.

Diese Vertheilung stimmt soweit überein mit derjenigen der Sterne 1. bis 9. Größe, daß man behaupten kann, es seien die rothen Sterne am Himmel wesentlich ebenso vertheilt, wie die Fixsterne überhaupt.

Auf einen neuen rothen Stern 8,5. Größe, der in keinem Verzeichnisse rother Sterne steht, hat H. Birmingham in Milbrook, Tuam (Irland), aufmerksam gemacht.*) Er ist wahrscheinlich identisch mit Nr. 3168, + 36° der Bonner „Durchmusterung", wo die Position für 1855,0 angegeben ist: Rectasc. $18^h\ 27^m\ 19^s$, Decl. + 36° 53'.

Veränderliche Sterne. Seit Jahren schon ist das Studium der veränderlichen Sterne von einer Anzahl Astronomen sorgfältig gepflegt worden, um die Gesetze des Lichtwechsels, die Zeiten der Maxima und Minima rc. genau festzustellen. Zunächst müssen die Arbeiten des Prof. E. Schönfeld, jetzt in Bonn als Nachfolger Argelanders, früher Director der Mannheimer Sternwarte, erwähnt werden. Nachdem derselbe bereits vor 10 Jahren, im 32. Jahresberichte des Mannheimer Vereins für Naturkunde, ein Verzeichniß der bis dahin beobachteten veränderlichen Sterne publicirt hatte, ist kürzlich (1874) ein zweiter, mit werthvollen Noten ausgestatteter Katalog von ihm herausgegeben worden. Von anderen Arbeiten Schönfeld's auf diesem Gebiete sind die in Nr. 2065 – 67 der Astron. Nachr. mitgetheilten Beobachtungen zu erwähnen, der achte größere Bericht in der Reihe, der in Nr. 1628 der Astron. Nachr. ihren Anfang nimmt. Ferner mag noch der Untersuchung von S. Cancri im 38. Jahresber. des Mannh. Ver. f. Naturkunde gedacht werden. Die Periode des Lichtwechsels beträgt nach Schönfeld 9 Tg. 11 St. 37,75 Min., doch ist die Lichtveränderung im Wesentlichen auf einen Zeitraum von 8½ St. vor und 13 St. nach dem Minimum beschränkt.

Ein anderer um unsere Kenntniß der veränderlichen Sterne sehr verdienter Forscher ist Julius Schmidt in Athen, von dem auch aus neuester Zeit wieder mehrere umfängliche Arbeiten vorliegen**).

---

*) Astron. Nachr. Bd. 88, Nr. 2092.

**) Veränderl. Sterne 1874 Astron. Nachr. Bd. 85, Nr. 2031; über die Veränderl. U, W, X Sagittarii dies. Bd. 87, Nr. 2071;

Die drei Sterne U, W, X Sagittarii wurden 1866 von Schmidt als veränderlich erkannt. Auf Grund fast zehnjähriger anhaltender Beobachtungen giebt derselbe für die Periode des Lichtwechsels folgende mittlere Werthe:

U Sagittarii . .	6 Tg.	17 St.	53 Min.	1,4 Sec.
W = γ' Sagittarii	7 „	14 „	15 „	34,1 „
X = 3 Flam . .	7 „	0 „	17 „	42,5 „

Einen neuen Veränderlichen entdeckte am 31. Januar 1875 Rudolf Falb in Wien; als er nämlich am Abende dieses Tages $10^{1}/_{4}$ Uhr den Himmel durchmusterte, bemerkte er mit bloßem Auge bei ι Orionis einen Stern gut 5. Größe, den er noch nie gesehen hatte und der auch in den Sternkarten von Heis und Argelander fehlte.*) Im Sucher zeigte er sich als Doppelstern, und es ergab sich seine Identität mit Lalande 10527 und 10529. Heis hat nachher darauf aufmerksam gemacht, daß er von 1844—64 zehnmal die betreffende Stelle des Himmels mit bloßem Auge durchmustert habe, ohne den Stern zu sehen, daß derselbe also damals schwächer als 6—7 Größe gewesen sein müsse. Auch Julius Schmidt hat durch 35 Jahre häufig die betreffende Region beobachtet und sehr oft, besonders des Orionnebels wegen, Zeichnungen entworfen; in diesen sind nun die beiden Sterne Lalande 10527 und 10529 bald gleich hell angegeben, bald ist der erstere schwächer; Schmidt glaubt daher, daß 10527 „gewiß veränderlich“ ist. Nach den Beobachtungen von Leop. Schulhof in Wien war 10527, der eine etwas tiefere gelbrothe Nüance besitzt, während 10529 mehr gelblichweiß ist, im Abnehmen begriffen.

Spectroskopische Untersuchung der Fixsterne. Dieselbe Nummer der Astron. Nachrichten (Nr. 2044, Bd. 86), welche D'Arrest's Todesanzeige bringt, enthält auch die letzte (vierte) Serie von diesem Forscher beobachteter Fixstern-Spectra des 3. und 4. Secchi'schen Typus. Vergl. S. 73 u. f. des vorigen Jahrg. dieses Jahrb.

---

veränderl. Sterne 1875 dies. Nr. 2074; über den Lichtwechsel von u Herculis dies. Nr. 2075; über β Persei (Algol) dies. Nr. 2077.

*) Astron. Nachr. Bd. 85, Nr. 2026, 2036; Bd. 86, Nr. 2041, 2055.

Während man bisher das Vorkommen von stark markirten Absorptionsspectren auf die rothen Sterne eingeschränkt glaubte und dabei den 3. und 4. Typus gleich stark, etwa durch zwanzig Sterne von jedem Typus vertreten hielt, ist durch D'Arrest's Beobachtungen festgestellt, daß der 3. Typus ziemlich häufig und auch bei absolut ungefärbten Sternen sehr schön vorkommt. Es ist daher ein Schluß von der Farbe des Sternes auf das Spectrum nicht zulässig, wenngleich in auffällig vielen Fällen hellorange und gelbe Farbe einer gewissen Nüance mit einem Spectrum des 3. Typus zusammentrifft. Eher ist D'Arrest geneigt, das Spectrum des 4. Typus an intensiv rothe und orange Färbung geknüpft zu halten.

Im Widerspruche mit Secchi hält D'Arrest an der Ansicht fest, daß die dunkeln Banden in typischen Sternspectren des 3. und 4. Typus zu Gruppen von gedrängten Linien auflösbar sind. Das häufige Zusammenfallen solcher frappanter Spectra mit der Veränderlichkeit der Sterne hält er nur für eine Regel, welche Ausnahmen zuläßt. Auch die Angabe, daß in den Spectren generelle Unterschiede nach gewissen Richtungen im Raume hin stattfinden, hält er für unbegründet, wenigstens gegenwärtig nicht nachweisbar. „In dem Satze z. B., daß Roth und Gelb in den Spectren der kleinen Sterne in der Oriongegend total fehle, ist zuverlässig kein Wort richtig."

Doppelsterne. Eine Anzahl neuer Bahnberechnungen hat Dr. W. Doberck auf der Sternwarte des Colonel Cooper zu Markree Castle, Sligo, veröffentlicht. Vergl. die Tabelle auf folgender Seite.

Der Doppelstern γ Coronae australis. — Mikrometrische Messungen dieses Doppelsternes hat zuerst Sir John Herschel 1834 vorgenommen, dann haben ihn Jacob 1847—58 und Powell 1859—63 beobachtet, und endlich gelang es im Sommer 1875 Prof. Schiaparelli mittels des 8zölligen Merz'schen Refractors der Sternwarte Brera vier Messungen zu erhalten. Aus diesen über einen Zeitraum von 42 Jahren zerstreuten Beobachtungen hat nun Schiaparelli die folgenden Bahnelemente abgeleitet:

Doppelstern-Bahnen nach Dr. W. Doberck.

Bezeichnung des Doppelsternes	Knoten	λ Knoten vom Periastron	γ Neigung	e Excentricität	T Durchgang durch das Periastron	P Umlaufszeit Jahre	a große Halbachse
μ^2 Bootis[1])	182°59′	17°41′	44°26′	0,6174	1863,51	290,07	1″50
σ Coronae borealis[2]) . . .	6 43	89 17	29 40	—	1829,91	843,2	6 001
τ Ophiuchi[3])	67 1	36 26	46 8	0,6055	1818,50	217,87	1 193
γ Leonis[4])	111 50	194 22	43 49	0,7390	1741,11	402,62	2 00
ζ Aquarii[5])	140 51	134 40	44 42	0,6518	1924,15	1578,33	7 64
36 Andromedae Σ 73[6]) . . .	57 54	142 19	41 39	0,6537	1798,80	349,1	1 54
44 Bootis[7])	65 29	1 18	70 5	0,71	1783,01	261,12	3 093
ω Leonis[8])	151 34	122 54	65 22	0,5028	1842,77	107,62	—
η Cassiopeiae[9])	39 57	223 20	53 50	0,5763	1909,24	222,435	9 83

1) Astron. Nachr. Bd. 85, Nr. 2026. — 2) Dies. Nr. 2037. — 3) Dies. Bd. 86, Nr. 2041. — 4) Dies. Nr. 2049. — 5) Dies. Nr. 2050. — 6) Dies. Nr. 2052. — 7) Dies. Nr. 2064. — 8) Dies. Bd. 87, Nr. 2078 provisorische Elemente. — 9) Astron. Nachr. Bd. 88, Nr. 2091. Mit der Parallaxe von Otto v. Struve = 0″154 ergiebt sich die große Halbachse der Bahn = 63,83 Erdbahnhalbmesser und Masse des Systems = 5,25 Sonnenmassen; die Parallaxe entspricht einer Entfernung von 1,34 Millionen Erdbahnhalbmessern. Eine andere Bahnbestimmung hat Dr. Dunér gegeben; hiernach beträgt die Umlaufszeit 176,374 Jahr und die Masse des Systems über das Sechsfache der Sonnenmasse.

Knoten	229° 1′
Knoten v. Periastron . . .	75 24
Neigung	111 22
Excentricität	0,6989
Durchg. d. Periastron . .	1882,774
Umlaufszeit	55,582 Jahre
gr. Halbachse	2″400
mittl. jährl. Bewegung . .	6° 477

Unter den Doppelsternen der südlichen Halbkugel hat dieser die kürzeste Umlaufszeit.

Prokyon. Im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 63 ist der Entdeckung eines Begleiters des Prokyon durch Otto v. Struve Erwähnung geschehen, durch den die Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Hauptsterns ihre Erklärung finden. Merkwürdig ist es nun, daß bisjetzt dieser Begleiter in dem großen Refractor des Naval Observatory in Washington nicht hat gesehen werden können.*) Ein Bericht des Rear-Admirals H. C. Davis,**) des Superintendenten dieser Sternwarte, giebt an, daß die Professoren Holden und Newcomb an 19 Abenden in der Zeit vom 29. November 1873 bis 26. November 1874 den Prokyon beobachtet haben, daß aber in der durch Struve's Beobachtungen geforderten Position weder von ihnen, noch von anderen Personen mit dem Clark'schen Refractor ein Begleiter des Prokyon wahrgenommen werden konnte. Dagegen wurden am 12. Jan. 1876 von J. C. Watson und Holden drei Begleiter an anderen Stellen innerhalb 10″ Abstand von Prokyon bemerkt, die dann noch wiederholt beobachtet worden sind; möglicherweise sind noch einige vorhanden. Es ist schwer, den Widerspruch zwischen den Pulkowaer und den Washingtoner Beobachtungen zu erklären; denn da die neu entdeckten Begleiter dem Hauptsterne näher stehen, als der Struve'sche, so kann nicht der Glanz des Prokyon die Wahrnehmung verhindert haben. Wenn nicht atmospärische Verhältnisse zur Erklärung ausreichen, so bleibt noch die Annahme einer Veränderlichkeit der Lichtstärke dieses Begleiters übrig.

Eine Beschreibung der Plejadengruppe und mikrometrische Messungen der Hauptsterne, aus denen dieselbe besteht,

*) Astron. Nachr. Bd. 87, Nr. 2073.
**) Dies. Bd. 87, Nr. 2080.

hat C. Wolf in Paris geliefert.*) Der Katalog der Plejaden umfaßt 499 Sterne von der 3. bis zur 14. Größe, die innerhalb eines Rechteckes von 135 Min. Länge und 90 Min. Breite liegen, dessen Mittelpunkt η Tauri einnimmt. Von den acht hellsten Sternen der Gruppe sind Merope und Atlas nach Wolf entschieden veränderlich, Maja scheint seit Bessel an Helligkeit zugenommen zu haben. Entschieden veränderlich und zwar mit kurzer Periode, ist der Nebel der Merope, den Tempel 23. October 1859 in Venedig entdeckte und dessen Veränderlichkeit schon Schmidt und D'Arrest vermuthet haben. Am 7. März 1874 zeigte der Nebel zwei Kerne, einen fast mit dem Sterne concentrischen und einem zweiten, helleren, etwa 7″ davon entfernt, von etwa 1″ Durchmesser. Von November 1874 bis Ende Februar 1875 konnte Wolf mit seinem Teleskop von 0,31 Meter Oeffnung den Nebel trotz günstiger atmosphärischer Verhältnisse nicht erkennen: auch in dem Marseiller Reflector von 0,80 Meter Oeffnung vermochte ihn Stephan nicht wahrzunehmen. Die Vergleichung der von Wolf gefundenen Positionen der einzelnen Sterne mit den Bessel'schen scheint für eine physische Verbindung der Glieder der Gruppe zu sprechen.

Auch Tempel hat in Nr. 5 der „Publicazioni del Real Osservatorio di Brera in Milano" Beobachtungen des Merope-Nebels veröffentlicht, die mit einem Fernrohre von 4 Zoll Oeffnung und 24facher Vergrößerung angestellt wurden. Der Nebel erschien hierbei als eine Ellipse von etwa 35′ und 20′ Achsenlänge.

An dem Sternhaufen 20 Vulpeculae hat Dr. Herm. Schultz in Upsala in den Jahren 1863—71 mit einem Refractor von 9 Zoll Oeffnung Messungen vorgenommen und die relativen Positionen von 104 Sternen bis herab zur 13. Größe bestimmt.**)

Ferner muß der Messungen gedacht werden, welche Prof. F. R. Helmert, jetzt in Aachen, während seines Aufenthaltes auf der Hamburger Sternwarte 1869 und 1870 in dem Sternhaufen des Sobieski'schen Schildes aus-

*) Comptes rendus LXXXI, p. 29.
**) Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar T. XXI, Nr. 3.

geführt hat.*) Dieser Sternhaufen ist bereits durch v. Lamont 1836—39 untersucht worden; während aber dieser in der Hauptsache nur Positionswinkel maß, um die gegenseitige Lage der Componenten des Sternhaufens festzustellen, hat Helmert für ein Netz von 15 nahezu gleichmäßig vertheilten Punkten noch Declinations- und Rectascensions-Differenzenmessungen ausgeführt, um Fixpunkte für die übrigen Sterne zu gewinnen. Er hat so schließlich einen Katalog der Rectascensions- und Declinationsunterschiede von 200 Sternen bezüglich des beiläufig im Centrum des Sternhaufens gelegenen Hauptsternes abgeleitet, dessen mittlerer Ort für 1870, 0 auf Grund der Beobachtungen D'Arrest's

Rectasc. = $18^h\ 44^m\ 9^s\ 6$, Decl. = — $6^0\ 25'\ 6''5$

ist. Die wiederholte Beobachtung dieses Sternhaufens hat in der Hauptsache die früheren Ergebnisse bestätigt; nur wenige Differenzen sind hervorgetreten, die weiterer Aufklärung bedürfen.

Nebelflecke. Neue „Mikrometermessungen an 500 Nebeln", die seit dem Jahre 1863 ausgeführt worden sind, hat Dr. Herm. Schultz in Upsala veröffentlicht.**) Auch Prof. E. Schönfeld hat sich seit 1860 mit genauen Positionsbestimmungen von Nebeln beschäftigt und nachdem er bereits in der ersten Abtheilung der „Astron. Beobachtungen auf der Großherzogl. Sternw. zu Mannheim" im Jahre 1862 eine Reihe von Beobachtungen von Nebeln und Sternhaufen veröffentlicht hatte, giebt er in der kürzlich erschienenen zweiten Abtheilung dieser „Beobachtungen" die Positionen von 336 weiteren Objecten. Durch diese neueren Arbeiten in Verbindung mit denen von Laugier, D'Arrest, Auwers, Jul. Schmidt u. A. sind feste Grundlagen zur Ermittelung der Eigenbewegung der Nebelflecke und Sternhaufen gegeben. Als ein Resultat neuerer Beobachtungen wird von Schönfeld angegeben, daß die Vermuthung einer merklichen Eigenbewegung des großen Andromeda-Nebels, welche sich auf die Vergleichung der Beobachtungen Flamsteed's mit denen von D'Agelet und Lalande gründet, sich nicht bestätigt hat.

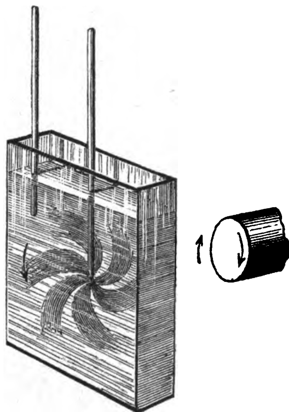
*) Publicationen der Hamburger Sternwarte Nr. 1.
**) Upsala 1874.

Spectroskopische Beobachtungen von planetarischen Nebeln (Nr. 4234, 4373, 4390, 4447, 4510, 4628, 4964 von Herschel's Kat. in Vol. 154 der Philos. Transactions) hat Dr. Th. Bredechin in Moskau vom 5. Aug. bis 5. Oct. 1875 angestellt.*) Die Spectra dieser sämmtlichen Nebel stimmen so genau überein, daß Bredechin sie für identisch hält. Die kleinen Abweichungen können möglicherweise von der Eigenbewegung der Nebel herrühren. Es zeigten sich drei Linien, deren Wellenlängen in Zehnmillionteln eines Millimeters im Mittel

5003,9 ± 1,2 4957,9 ± 1,4 4859,2 ± 3,1

sind. Die beiden ersten stimmen gut mit den starken Eisenlinien (5005,0 und 4956,5) im blaugrünen Theile des Spectrums. „Die übrigen Eisenlinien ebenso wie die drei Linien des Wasserstoffs werden im Raume und in unserer Atmosphäre so geschwächt, daß sie unbemerkbar bleiben. Deshalb erscheinen auch die genügend hellen planetarischen Nebel bläulich.“

Fig. 6.



Nachahmung der Spiralnebel. Unter den Versuchen mit hochgespannter Elektricität, welche G. Planté angestellt hat, ist der folgende, welcher die Entstehung der Spiralnebel erläutern soll, von Interesse.**) Ein parallelflächiger Glaskasten wird mit Wasser gefüllt, dem 1/10 Schwefelsäure beigemischt ist; darin stehen ein Paar Kupferdrähte, die mit den Polen einer Batterie von 15 Bunsen'schen Elementen verbunden werden. Von der Spitze der positiven Elektrode entwickelt sich dann unter Zischen eine dicke Wolke von Kupferoxydul oder fein-

*) Annales de l'observatoire de Moscou. V. II.
**) Comptes rendus LXXXI, p. 750.

vertheiltem Kupfer, welche eine spiralförmige Gestalt annimmt und sich dreht, sobald man ihr von der Seite her den Pol eines kräftigen Magneten nähert. Wie unsere Fig. 6 andeutet, erfolgt diese Drehung entgegen der Richtung der Ampère'schen Ströme in dem Magneten. Die dargestellte spiralförmige Wolke ähnelt den vom Earl of Rosse in der Ziege und im Haare der Berenice beobachteten Nebeln, während der Nebel in den Jagdhunden die entgegengesetzte Windung zeigt.

II.

Physik und Meteorologie.

Statik und Dynamik fester Körper.

Maß und Messen.

Wittmann's Meßrad, ein schon längere Zeit bekannter, aber im Laufe der Zeit mehrfach verbesserter Apparat, wird vom Erfinder Rudolf Wittmann in Unter-Meidling bei Wien in verschiedenen Größen, theils als Wegmesser, theils als Curvometer zur Ermittlung der Länge von Linien auf Karten u. s. w. construirt. Das größere Meßrad mittler Gattung hat 1 Meter Umfang, besteht aus Gußeisen und wird mittels eines an der Achse befestigten Stockes auf der zu messenden Strecke fortgeschoben. Der Zählapparat, welcher in einem prismatischen Gehäuse 4 Zählrollen hat, giebt die Anzahl der Umdrehungen an; um auch noch Bruchtheile einer Umdrehung ablesen zu können, ist an den Speichen ein concentrischer, in 40 Theile getheilter flacher Ring angebracht, auf welchem ein fester Index noch die Vierzigstel einer Umdrehung = 25 Millim. angiebt.

Aus Versuchen von Prof. Tinter geht hervor, „daß selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen die Längenbestimmung mittels des Meßrades eine gute Kettenmessung vollkommen zu ersetzen vermag; unter halbwegs günstigen Umständen sind jedoch die Messungen mit dem Meßrade viel

genauer und nähern sich den Messungsresultaten mit Meßstangen. Eine dem gewöhnlichen Gange des Menschen entsprechende Geschwindigkeit hat sich am vortheilhaftesten erwiesen."*)

Telemeter von Giraud-Teulon.**) Zur schnellen Messung der Entfernung eines Objectes bedient sich Giraud-Teulon eines Fernrohres, dessen Ocular mitten durchgeschnitten ist. Durch Verschiebung der einen Hälfte an der andern hin kann man die beiden Bilder des Objectes zur Berührung bringen und hat dann in der Größe dieser Verschiebung ein Maß für die Größe der Bilder. Man bestimmt nun die Größen α und β der Bilder eines und desselben Objectes in zwei Stationen, die um die Länge $\triangle$ von einander entfernt und mit dem Objecte in gerader Linie liegen; dann erhält man die Entfernung des Objectes von der entfernteren Station mittels der Formel

$$D = \triangle \frac{\beta}{\alpha - \beta}.$$

Was die Genauigkeit des Verfahrens anbetrifft, so wurden die Entfernungen des Mont Valérien von der Terrasse in Saint Germain = 8897 Meter und vom Schlosse zu Hennemont = 11017 Meter gefunden, während dieselbe nach der Generalstabskarte 8800 und 11480 Meter betragen; der Fehler war demnach im ersten Falle 1,1 und im zweiten 4,03 Proc. Bei einer nach diesem Verfahren vorgenommenen Triangulation betrugen die Fehler gegen 5 Proc.

Uebrigens ist das Princip des Verfahrens schon 1860 von Lugeol und Regnard angegeben und zur Distanzmessung verwendet worden. Dieselben theilten aber nicht das Ocular, sondern das Objectiv des Fernrohrs, wie beim Heliometer.

Distanzmesser von Le Boulengé. Der belgische Artillerie-Major P. Le Boulengé in Lüttich, der sich bereits durch Construction eines elektrischen Chronographen zur Ermittelung der Geschoß-Anfangsgeschwindigkeit bekannt gemacht

---

*) Zeitschr. des Oesterreich. Ingen.- u. Architekten-Ver. 1875, S. 45. Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 218, S. 475.
**) Comptes rendus LXXX, p. . 1379.

hat, ist kürzlich mit einem Distanzmesser für militärische Zwecke — Télémètre de combat — an die Oeffentlichkeit getreten, das in fachmännischen Kreisen viel Anerkennung gefunden hat. Es besteht dieses Telemeter aus einer genau kalibrirten, mit Schwefeläther gefüllten Glasröhre, die an den Enden zugeschmolzen ist. Eine am obern Ende befindliche Luftblase gestattet dem Aether, sich beim Steigen der Temperatur auszudehnen, ohne daß die Röhre in Gefahr kommt zersprengt zu werden. Im Aether befindet sich nun ein Schwimmer, bestehend aus zwei auf der Unterseite gewölbten Silberscheiben, die durch ein Stäbchen verbunden sind. Größe und Gewicht dieses Schwimmers sind derart, daß derselbe mit gleichbleibender Geschwindigkeit sinkt, wenn die Röhre vertical gehalten wird, dagegen im Ruhestand verharrt, wenn man die Röhre horizontal hält. Eine hinter der Röhre angebrachte, in Millimeter getheilte Scala gestattet den Weg des Schwimmers abzulesen. Das Instrument befindet sich in einer vorn mit einem Schlitz und oben mit einem Oehr versehenen Kupferhülse.

Beim Gebrauche im Felde hält man das Telemeter horizontal in der rechten Hand, nachdem man vorher den Schwimmer auf den Nullpunkt der Scala gebracht hat. In dem Augenblicke, wo man in den feindlichen Reihen das Aufblitzen eines Schusses wahrgenommen, dreht man das Instrument in die vertikale Lage, sowie man aber den Schuß hört, dreht man es wieder in die horizontale Lage zurück und liest nun an der Scala ab. Diese giebt gleich die Distanzen an; es entspricht nämlich ein Millim. einer Distanz von 25 Meter. Da die Bewegungen der Hand nicht genau mit der Wahrnehmung der Feuererscheinung und des Schusses zusammenfällt, so entsteht ein Fehler, der im Mittel erfahrungsmäßig 50 Meter beträgt. Dieser Umstand ist bei Anfertigung der Scala berücksichtigt worden.

Das Telemeter wird von der Agencie Ch. Tillière et Cie.; 30 rue Plattenstein, Brüssel in drei Größen gefertigt: 95 Millim. lang und bis 1600 Meter reichend, 120 Millim.

---

*) Dingler's Journ. Bd. 217, S. 195 nach zwei vom Erfinder veröffentlichten Brochüren.

lang und bis 2500 Meter reichend und für die Artillerie 180 Millim. lang und 4000 Meter reichend.

Umfassende Versuche, namentlich für größere Distanzen bis 3400 Meter, sind in der belgischen Kriegsschule zu Brasschät vorgenommen worden. Bei 10 Schüssen, die in 2330 Meter Entfernung abgefeuert wurden, betrug der mittlere Fehler 22,5 Meter, der größte 30, der kleinste 5 Metr. Bei Proben, die in der bayrischen Militärschießschule gemacht wurden, ergaben sich folgende Zahlen:

	Meter					
wahre Distanz	500	700	900	1100	1300	1500
mittl. Distanz aus 10 Beobacht.	502	696	901	1086	1295	1496
Maximalfehler	20	20	15	30	25	30

Der schwedische Lieutenant W. Unge erreicht denselben Zweck mittels einer Uhr, die durch Druck in Gang gesetzt und arretirt wird und deren Zeiger die Entfernung angiebt.

R. Jähn's Vielmesser ist ein Universalinstrument, welches das optisch-mechanische Institut von Franz Schmidt und Hänsch in Berlin (C. Neue Schönhauserstraße 2) liefert und das alle praktisch geometrischen Aufgaben, welche Tracirung, Absteckung, Profilirung, Nivellirung und Terrainaufnahme bieten können, in einfachster Weise und bei sorgfältiger Arbeit mit hinreichender Genauigkeit löst. Nach der Angabe des Sections-Ingenieurs G. Osthoff*) bestimmt man durch eine Beobachtung von einem Punkte aus „nicht allein die Lage eines andern Punktes nach Höhe, Richtung und Entfernung gleichzeitig, sondern erhält diese letztere sofort und ohne Weiteres auf den Meßtisch in beliebigem Maßstabe graphisch aufgetragen. Auch die Höhen kann man direct mit dem Zirkel auf dem Instrumente abgreifen, was bei der Aufnahme von Querprofilen besonders von Werth ist, wenn man nicht vorzieht, dieselben auf einer am Instrumente angebrachten Höhenscala abzulesen.“ Die Handhabung des Instrumentes ist so einfach, daß die Bestimmung eines Punktes nach Höhe, Richtung und Entfernung nur etwa 20 Sec. erfordert, so „daß beim Aufnehmen von Situationen und Schichtenplänen viele hundert Punkte an einem Tage bestimmt werden können,

*) Zeitschr. des österr. Ingen.- u. Architekten-Ver. Bd. 21, S. 146; Polyt. Centralbl. 1875, Lief. 12, S. 740. Abbild. im Polyt. Centralbl. 1875, Lief. 17, S. 1069.

und bei einigermaßen günstigen Terrainverhältnissen nicht wesentlich mehr Zeit für Herstellung aller Unterlagen verloren geht, als ein Meßgehilfe braucht, um mit einer Latte von einem Punkte zum andern zu gehen ..." Eine einfache Vorrichtung am Instrumente ermöglicht ferner alle abzulesenden Höhen der durch dasselbe aufgemessenen Punkte mechanisch auf jeden beliebigen vorher zu bestimmenden Horizont zu reduciren, so daß jede Umrechnung wegfällt. Sämmtliche Arbeiten können mit Hilfe eines einzigen Meßgehilfen ausgeführt werden, und auch dieser ist nicht nothwendig, wenn man einen Situationsplan als Unterlage benutzen kann.

Der Grundgedanke, auf welchem die Einrichtung dieses Instrumentes, das beim Gebrauch auf dem Meßtisch steht, beruht, ist folgender: „Durch ein Fernrohr werden nach einander zwei auf einer Latte in constanter Entfernung befindliche Signalpunkte beobachtet, während die Latte über dem aufzumessenden Punkte aufgestellt ist. Die beiden somit entstehenden verschiedenen Neigungen der Fernrohrachsen werden durch zwei um den Drehpunkt des Fernrohrs in verticalen Ebenen drehbare Schenkel fixirt, welche mit gegeneinander gekehrten, genau gerade geschliffenen Kanten versehen sind. Durch Einführen eines beweglichen Theiles, welcher auf einer anderen am Gestell des Instrumentes befindlichen horizontal gestellten Kante verschiebbar ist, wird nun ein einfacher Fühlhebelmechanismus zwischen die beiden vorerwähnten einander zugekehrten ... Kanten gebracht, dessen Bestimmung ist, genau diejenige Stelle zwischen den beiden Kanten aufzufinden, an welcher beide um eine bestimmte constante Größe von einander abstehen. Diese constante Größe a, im Instrumente durch den Fühlhebel verkörpert, steht zum Abstande b der Signalpunkte auf der Latte in demselben Verhältnisse wie der Abstand c des Fühlhebels vom Drehpunkte des Fernrohres zur Entfernung d dieses Drehpunktes vom Aufstellungspunkte der Latte ... Durch Niederdrücken einer mit dem Fühlhebelmechanismus mittelbar, aber fest verbundenen Markirspitze überträgt man mechanisch die der gegenseitigen Neigung der beiden vorerwähnten Schenkel entsprechende Stellung des Fühlhebels direct auf den Meßtisch. Ebenso erkennt man nach beendeter Visur an der Höhenstellung des Fühlhebels im Be=

zug auf die Horizontalebene des Meßtisches sodann die Höhenlage der untersten Signalscheibe an der Latte oder die ihres Fußpunktes in Bezug auf den Horizont des Punktes, über welchem man mit dem Meßtische steht."

Beim Bau der Muldenthalbahn (Kgr. Sachsen) ist das Instrument mehrfach zur Aufnahme von Situationen, Schichtenplänen und Querprofilen, sowie zur Absteckung von Curven in Anwendung gekommen.

Profilographen, d. h. Instrumente zum selbstthätigen Aufzeichnen eines beliebigen befahrenen Profils, sind angegeben worden vom österreichischen Genie-Oberlieutenant Radislav Marian*) in Prag und vom Bezirksgeometer J. Obermaier in Nürnberg.**)

Der Marian'sche Profilograph beruht auf der Bestimmung eines jeden Punktes des aufzunehmenden Profils durch zwei rechtwinklige Coordinaten, eine horizontale und eine verticale. Durch den Mechanismus wird nun ein Papierstreifen in horizontaler Richtung abgewickelt, während gleichzeitig in verticaler Richtung auf- oder abwärts sich ein Bleistift bewegt, der auf dem Streifen das Profil im verjüngten Maßstabe aufzeichnet. Der ganze Apparat ist in einem Kasten eingeschlossen, der auf drei gleich hohen Rädern ruht. Die beiden Vorderräder sind auf einer gemeinsamen Achse aufgekeilt, welche den Mechanismus in Bewegung setzt. Um diese Bewegung je nach der Beschaffenheit des Terrains entsprechend zu reguliren, sind ein Paar schwere Pendel an einer gemeinschaftlichen Achse angebracht. Mit dem dritten, hinteren Rade ist ein Führungsstab verbunden, mit welchem man das Ganze vor sich herschieben kann.

Der Obermaier'sche Apparat ist nur eine vervollkommnete Form des Marian'schen und unterscheidet sich von demselben hauptsächlich durch die Art und Weise, wie die Aenderung der Pendellage gegen den ganzen Mechanismus benutzt wird zur Modificirung der Bewegung des Papierstreifens und des Zeichenstiftes. Nach den Angaben, die Hausenblas a. a. O. macht, giebt der Obermaier'sche Profilograph, der vom Mechaniker C. Schuckert

*) Mit Abbild. Dingler's Polytechn. Journal Bd. 213, S. 394.
**) Mit Abbild. dess. Bd. 215, S. 207.

in Nürnberg gefertigt wird, die horizontalen Längen bis auf 1/5 Proc. genau an, während die Genauigkeit der Höhenangaben mit dem Neigungswinkel der Trace wächst.

Maßstäbe aus Bergkrystall.*) Als Ergänzung unserer Mittheilung S. 87 des vor. Jahrg. dieses Jahrb. bemerken wir hier, daß Herm. Stern in Oberstein an der Nahe nicht nur Gewichte, sondern auch Maßstäbe aus Bergkrystall fertigt. Welche Vortheile dieses Material gewährt, das hat Wild im Ergänzungsbd. zu Poggendorff's Annalen S. 16 auseinander gesetzt. Stern läßt diese Maßstäbe genau nach der optischen Achse schneiden; bei größeren Maßstäben werden die einzelnen Stücke derart zusammengesetzt, daß eine Veränderung der Theilmaße nicht möglich ist und die Richtigkeit der Theilung, wie der Gesammtlänge stets controlirt werden kann.

Rechenmaschinen.

Während das Arithmometer von Thomas in Colmar, welches im I. Jahrg. dieses Jahrb. S. 178 beschrieben worden ist, in den Bureaus der Lebensversicherungsgesellschaften, der Finanz- und technischen Behörden, auf Sternwarten u. s. w. immer allgemeiner Eingang findet, treten auch wieder andere Rechenmaschinen auf, meist für specielle Zwecke und mit beschränkterer Verwendbarkeit. Dahin gehören vor allen Dingen die verschiedenen, auf den Gesetzen der Logarithmenrechnung beruhenden Rechenschieber, die im Princip allerdings nicht neu, sondern vielmehr beinahe so alt wie die Logarithmen sind, aber doch erst neuerdings von den Praktikern gehörig gewürdigt werden. Eine eingehende Beschreibung derselben giebt Prof. C. Culmann.**)

Die Differenz-Maschine von George B. Grant, welche Prof. Fairman Rogers auf der Zusammenkunft der Nordamerikanischen National-Akademie der Wissenschaften in Philadelphia 2.—4. November 1875 beschrieben hat,***) beruht auf demselben Principe wie die von Scheutz, welche

*) Polytechn. Centralbl. 1875, S. 1272.

**) Die graphische Statik. 2. Aufl. Bd. I (Zürich 1875), S. 37 u. f.

***) Nature XIII, p. 215.

im I. Jahrg. dieses Jahrb. S. 180 Erwähnung gefunden hat. Dieses Princip besteht darin, daß man jede beliebige Zahlenreihe, z. B. eine Tafel der Quadrate, der Cuben u. s. w., durch wiederholte Addition von Differenzen erhalten kann. Addirt man z. B. die Zahl 6 zur 12, zur Summe wieder 6 u. s. f., so erhält man die Reihe 12, 18, 24, 30, 36, ...; addirt man dann die erste dieser Zahlen, 12, zu 7, sodann die zweite 18 zu der erhaltenen Summe u. s. w., so entstehen die Zahlen 7, 19, 37, 61, 91, 127, ..., und wenn man die erste dieser Zahlen zu 1, zu der erhaltenen Summe die zweite 19 fügt u. s. f., so erhält man 1, 8, 27, 64, 125, 216, 343, ..., d. h. die Cuben der natürlichen Zahlen. Aehnlich ist es bei andern Tabellen, wie Logarithmen u. s. w. Diese Addition der Differenzreihen wird nun von der Maschine bewirkt. Dieselbe hat ein Gestell von 8 Fuß Länge und 4 Fuß Höhe. Daran befinden sich 100 einzelne Stücke oder Elemente von gleicher Construction, die beliebig entfernt werden können und von denen ein jedes eine kleine Additionsmaschine bildet, entsprechend den einzelnen Decimalstellen. Diese Elemente werden zu Gruppen vereinigt, entsprechend den verschiedenen Differenzreihen. In der Leichtigkeit, mit welcher die Elemente sich gruppiren lassen und mit welcher ein Resultat von einem Elemente auf ein anderes übertragen wird, besteht ein Hauptvorzug dieser Maschine, welche einfacher als die Scheutz'sche und weniger kostbar als die von Babbage ist. Die Maschine, welche für die Universität von Pennsylvanien gebaut wurde, liefert die von ihr berechneten Tafeln mit 10 Stellen und giebt gleich ein Cliché für eine Stereotypplatte. Zum Betriebe ist eine zweipferdige Dampfmaschine erforderlich.

Rogers zeigte bei der erwähnten Gelegenheit auch eine nach dem gleichen Princip construirte Multiplicationsmaschine vor.

Der Rechenstift von Marshall M. Smith und Fletcher W. Potts*) in Verdi, Washoe County, Nevada, ist ein kleines bleistiftähnliches Instrument, welches die Addition langer Zahlenreihen ersparen soll. Die Einrichtung

*) Polytechn. Centralbl. 1875, S. 1461 mit Abbild. nach dem Scientific American Oct. 1875.

desselben ist im Wesentlichen folgende: In einer mit einem Längsschlitz versehenen Hülse befindet sich ein Cylinder a mit einer schraubenförmig um ihn laufenden Nuth, in welcher ein Zeiger b gleitet, der demnach bei der Drehung des Cylinders in dem Längsschlitze auf- oder abwärts gehen muß. Unterhalb a befindet sich ein Getriebe und eine Zahnstange, welche in das Getriebe eingreift und dadurch den Cylinder a in die Höhe dreht, so bald sie aufwärts geschoben wird, dagen beim Rückgange durch eine Feder vom Getriebe abgedrückt wird und a in seiner Stellung läßt. Die Zahnstange trägt unten einen Zeiger c, der sich in einem Schlitze der Hülse neben einer Scala bewegt; auf a aber sind neben der Nuth die Zahlen von 1 bis 700 angegeben, wenn diese Zahl als die höchste Summe bei Addition einer Columne angenommen wird, der Zeiger b weist stets auf eine dieser Zahlen. Unten geht in die Hülse ein Stift hinein, durch dessen Eindrücken die Zahnstange emporgeschoben wird. Um nun eine Columne zu addiren, stellt man zunächst mittels eines oben angebrachten Knopfes, der a rückwärts dreht, den Zeiger b auf den Nullpunkt ein; setzt dann die Spitze des Stiftes auf die erste Zahl der Columne und drückt ihn so weit ein, daß der Zeiger c dieselbe Zahl angiebt; b giebt dann auch diese Zahl an. Hebt man jetzt das Instrument ab, so geht der Stift durch Federkraft zurück und wenn man dann bei der zweiten Zahl der Columne dieselbe Manipulation wiederholt, so giebt b die Summe der beiden ersten Zahlen an u. s. f.

Die Remington-Schreibmaschine.*)

Vor einigen Jahren hat in Europa die zunächst für Blinde bestimmte Schreibmaschine von Hansen viel Aufsehen gemacht wegen der sinnreichen Lösung eines Problems, das jedenfalls zu den schwierigsten gehört, die dem praktischen Mechaniker gestellt werden können. Der praktischen Verwendung stand indessen ihr hoher Preis entgegen. Dem amerikanischen Erfindungsgeiste, der uns schon in der Nähmaschine ein ganz

*) Wochenschr. des österreich. Ingen.- und Architekten-Ver. 1876 S. 32; Nature XIV, p. 43.

ähnliches werthvolles Geschenk gemacht hat, war es vorbehalten, auch hier das praktisch Richtige zu treffen. Die berühmte Gewehrfabrik von F. Remington & Sons in Ilion, Newyork, liefert jetzt eine Schreibmaschine, eine Erfindung von Latham Sholes, die in den Vereinigten Staaten bereits bei verschiedenen großen Telegraphengesellschaften, in den Bureaus von Geschäftsleuten und Advocaten, sowie auch von der Regierung benutzt wird und neuerdings auch in England Eingang gefunden hat.

Die Remington-Schreibmaschine ist ein Tasteninstrument. Sie hat eine Claviatur, wie ein Piano, und durch das Niederdrücken einer Taste wird, wie bei diesem, ein Hammer gehoben. Jeder solche Hammer trägt aber eine Type, welche durch das Niederdrücken der entsprechenden Taste gegen eine Papierfläche gedrückt wird und dort einen Buchstaben, eine Ziffer oder ein Interpunctionszeichen abdruckt. Die Tasten selbst sind mit den entsprechenden Zeichen versehen. Die Hämmer sind aber nicht geradlinig geordnet, wie beim Piano, sondern sie stehen in einem Kreise, und der Punkt, wo die Typen gegen das Papier schlagen, liegt über dem Centrum. Das Papier, welches auf eine Trommel aufgewickelt ist, befindet sich oberhalb des Hammerkreises und wird allemal beim Niederdrücken einer Taste soweit verschoben, daß die richtige Stelle von der Type getroffen wird. Eine besondere Taste ist für die Zwischenräume zwischen den einzelnen Worten vorhanden. Das Abdrucken selbst erfolgt in der Weise, daß dicht unter dem Papier ein feiner, mit Tinte getränkter Stoffstreifen zwischen zwei Rollen ausgespannt ist, gegen den die vorstehenden Theile der Typen gedrückt werden. Mittels einer einfachen Vorrichtung wird das Band von einer Rolle ab- und auf die andere gewickelt, damit nicht immer dieselbe Stelle von den Typen getroffen wird. Ebenso ist ein Hebel vorhanden, um das Papier nach Vollendung einer Zeile neu einzustellen; eine kleine Glocke giebt dem Schreiber das Zeichen, wenn der richtige Augenblick hierzu gekommen ist.

Die Maschine ist eigentlich keine Schreib-, sondern eine Druckmaschine, sie liefert kein Manuscript, sondern ein „Typoscript" in lauter großen Buchstaben. Die Zahl der Tasten

beträgt 44, welche in 4 Reihen übereinander geordnet sind. Der Preis ist 20 Guineen.

Die Handhabung der Maschine ist ziemlich leicht, in höchstens 14 Tagen zu erlernen. Unter geübten Händen soll sie 30 bis 60 Worte in der Minute liefern, während es ein geschickter Schreiber nicht über 30 bringt.

Mit Recht weist der Berichterstatter der Zeitschrift „Nature“ darauf hin, wie ungleich einfacher sich diese Maschine gestalten würde, wenn wir uns entschließen könnten, unsere Schrift aufzugeben und dafür die beim Telegraphiren üblichen, nur aus Strichen und Punkten bestehenden Morse'schen Zeichen anzunehmen.

Festigkeit und Elasticität.

Einige Bestimmungen über die Festigkeit verschiedener Hölzer sind von G. A. Hirn ausgeführt worden.*) Die Probestücke hatten quadratischen Querschnitt von 29 Millim. Seitenlänge und wurden, zwischen zwei Klauen eingespannt, durch Gewichte an einem Hebelarme von 1 Meter Länge auf Torsion beansprucht. Die Hölzer wurden nicht blos im natürlichen Zustande, sondern auch geölt untersucht. Zu dem Zwecke blieben sie zwei bis drei Tage lang in einem Rapsölbade von 80 bis 100°, worauf man sie zuschnitt. Durch die Behandlung wurde meistens die Widerstandsfähigkeit erhöht; die auffällige Ausnahme, welche in der folgenden Tabelle sich beim Ulmenholze herausstellt, ist wahrscheinlich in einem anderen Umstande begründet. Die Ergebnisse der Hirn'schen Versuche enthält die Tabelle auf nächster Seite.

Versuche über Druckfestigkeit von Thonsteinen,**) die von der Berliner Gewerbeakademie mit 25 Stück derartiger gebrannter, auf einer Schlickeysen'schen Ziegelpresse mit Pferdebetrieb hergestellter Steine gemacht wurden, ergaben auf 1 Qu.-Centim. im Mittel

für den Eintritt der Risse 216,44 Kilogr.
„ die Zerstörung . . 292,70 „

Sehr ausführliche Untersuchungen über die

*) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 356.
**) Dieselbe, S. 58.

Tabelle über die Festigkeit verschiedener Hölzer.

Versuchsmaterial	Specifisches Gewicht	Bruchbelastung am Hebelarme von 1 Mtr. Länge	Verhältniß der Festigkeit zu der des Pappelholzes	Verhältnißmäßiger Widerstand von 1 Kilogr. des Materiales
Pappelholz	0,352	424,0	1,000	2,841
dasselbe geölt	—	460,3	1,086	3,085
Tannenholz	0,356	527,6	1,244	3,494
dasselbe geölt	—	527,6	1,244	3,494
Kastanienholz	0,480	636,2	1,500	3,125
dasselbe geölt	—	765,5	1,805	3,760
Birnbaumholz	0,688	977,6	2,305	3,350
Fichtenholz (durch Oelen nicht beeinflußt) . .	0,536	1008,6	2,407	4,491
Ulmenholz	0,552	920,7	2,171	3,536
dasselbe geölt	—	827,6	1,952	4,596
Akazienholz	0,632	1075,0	2,535	4,362
Eichenholz	0,732	1169,0	2,757	4,299
Buchsbaumholz	0,938	1334,5	3,147	3,407
Hagebuchenholz	0,784	1355,2	3,196	5,042
dasselbe geölt	—	1675,9	3,953	4,124
Buchenholz	0,684	1370,7	3,233	5,297
dasselbe geölt	—	1536,2	3,623	4,958
Kirschbaumholz	0,640	1437,8	3,391	5,661
dasselbe geölt	—	1536,2	3,623	6,005
Eschenholz	0,748	1629,3	3,843	5,138
Nußbaumholz	0,676	1748,3	4,123	6,099
dasselbe geölt	—	1929,2	4,550	6,731
Gußeisen	6,800	3620,7	8,539	1,256
desgl.	6,800	3972,4	9,368	1,378

Festigkeit und Elasticität der Constructions-materialien hat Prof. R. H. Thurston am Stevens-Institut zu Hoboken, Vereinigte Staaten, veröffentlicht.*) Derselbe spannte die Probestücke in horizontaler Lage zwischen zwei Klauen ein, deren jede einen Hebel trug. Der eine Hebel, welcher in der Ruhelage vertical abwärts hing, war mit einem Gewicht versehen, der andere hatte einen Griff, und beim Niederdrücken des letzteren Hebels hob sich der erstere und das Moment des Gewichtes wuchs mehr und mehr. Ein Zeiger lieferte auf einer mit Papier überzogenen Trommel ein Diagramm, aus dem die Größe des Momentes, sowie die Torsion erkennbar waren. Die Arbeit Thurstons enthält eine große Anzahl derartiger Diagramme, auf deren Reproduction wir verzichten müssen. Es wurden sowohl Hölzer, als auch Metalle untersucht. Unter den ersteren zeigte das Hickoryholz (von Carya alba) die größte Widerstandskraft; Nußbaumholz (von Juglans nigra) zeigte sich vorzüglich geeignet zur Aufnahme von Stößen und das Holz der unechten Akazie (Robinia pseudacacia) zeichnete sich durch seine Steifigkeit aus, ein besonders hartes und compactes Stück erforderte 6,64 Meterkilogr. zu einer Verdrehung von 4° und erreichte nahe an 190° Maximalverdrehung.

Die Resultate, welche Thurston erhalten hat, sind indessen nicht allgemein als richtig und zuverlässig anerkannt worden, und es hat namentlich Friedrich Kick in Prag auf die Widersprüche hingewiesen, welche zwischen den Thurston'schen Ergebnissen über die Beziehungen von Druck und Stoß bei Formänderungen und den aus anderen Versuchen abgeleiteten bestehen.**) Den Grund dieser Abweichungen sucht Kick in einem principiellen Fehler des Thurston'schen Prüfungsapparates. Diese Maschine, dynamisch wirkend, registrirt ihre Resultate als statische selbstthätig, und zwar um so fehlerhafter, je größer die benutzten Geschwindigkeiten sind." Kick glaubt daher, daß die Thurston'schen Diagramme zu streng wissenschaftlichen Untersuchungen überhaupt nicht zuverlässig sind;

*) Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 216, S. 1, 97, 465; Bd. 217, S. 161, 345.

**) Dass. Bd. 218, S. 185.

namentlich soll dies von einigen Diagrammen gelten, von denen Thurston sagt, daß sie die erste direkte Entscheidung der Frage bilden, wie sich der Widerstand der Materialien gegen rasche oder langsame Inanspruchnahme verhält. Während Thurston der Meinung ist, daß der Widerstand der Materialien abnimmt, wenn die Geschwindigkeit der Beanspruchung zunimmt, glaubt Klick aus diesen Diagrammen eher den Schluß ziehen zu können, daß der Widerstand von der Geschwindigkeit der Inanspruchnahme unabhängig ist.

Kick hat auch nachdrücklich darauf hingewiesen,*) daß der zu irgend einer Gestaltänderung nothwendige Arbeitsaufwand bei Anwendung von Stößen weit größer ist, als bei Benutzung ruhigen Druckes. Er führt eine Reihe von Versuchen auf, bei denen die Druckarbeit das 8=, 10=, ja 12fache der Stoßarbeit ist. Die Technik der Neuzeit muß sich daher bestreben, stoßende mechanische Mittel durch drückende zu ersetzen, wie dies z. B. geschehen ist durch Einführung des Schmiedens unter der hydraulischen Presse anstatt der gewöhnlichen Schmiedearbeit (vergl. Jahrg. II dieses Jahrb. S. 162).

Die sorgfältige Prüfung der Constructionsmaterialien im Bezug auf ihre Festigkeit ist eine der wichtigsten Aufgaben der Technik, und die Herstellung von Apparaten, mit denen sich diese Prüfung rasch und sicher ausführen läßt, erscheint als ein dringendes Bedürfniß der Praxis. In dieser Hinsicht verdient die von der „Elsaßer Maschinenbaugesellschaft“ (vormals André Köchlin und Comp. in Mühlhausen und Anonyme Gesellschaft von Grafenstaden) construirte Festigkeitsprobirmaschine für Schienen und andere Constructionstheile aus Eisen und Stahl rühmende Erwähnung.**) Die Beanspruchung des Probestückes, welche auf 100,000 Kilogr. gesteigert werden kann, erfolgt durch eine hydraulische Presse mit drei Druckpumpen, zur Messung dient ein Hebel mit Laufgewicht. Durch Anbringung einzelner Theile läßt sich, ohne die allgemeine Anordnung zu stören, die Maschine zur Messung der Biegungs=, Zug= oder Druckfestigkeit benutzen. Bei der Anwendung zur Biegung ruht das Probestück auf zwei um

*) Dinglers Polytechn. Journal Bd. 216, S. 377.
**) Dasselbe Bd. 215, S. 306.

1 Meter von einander entfernten Rollen, oberhalb deren die Druckstangen liegen, gegen welche das Stück gepreßt wird. Von den Druckstangen wird die Kraft durch Hebel auf den Arm übertragen, welcher das zur Messung dienende Laufgewicht trägt. Nähere Beschreibung und Abbildung giebt die citirte Quelle.

Ein anderer Apparat zur Prüfung von Metallen ist erfunden und ausgeführt worden von der Compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée.*) Auch bei diesem wird die zur Ausübung des Druckes auf zu prüfende Metalle erforderliche Kraft durch eine hydraulische Presse geliefert.

Einen einfachen Apparat zur Messung der Festigkeit und Elasticität von Draht, Garn, Papier, Geweben, Glasfäden u. s. w. hat Prof. Hoyer in München durch den Mechanikus Franz am Rigaer Polytechnicum ausführen lassen.**) Der betreffende Körper wird mit dem einem Ende an dem verticalen Arme eines Winkelhebels, mit dem andern an einer Klammer, welche durch eine Schraube bewegt wird, befestigt; zur Messung seiner Ausdehnung dient die Anzahl der Schraubenumdrehungen und die Bewegung des Hebels, die durch einen Zeiger an dem erwähnten Hebelarme angegeben wird. Der andere Hebelarm drückt auf eine Kautschuckplatte, die über ein Gefäß mit Quecksilber gespannt ist und bringt dadurch das Quecksilber in einer mit dem Gefäß communicirenden Röhre zum Steigen. Die Höhe der Quecksilbersäule dient zur Messung der Kraft, die auf das Probestück ausgeübt worden ist; um die Größe derselben für den Moment des Zerreißens zu erkennen, ist in der Röhre ein kleiner, durch ein Gegengewicht compensirter Schwimmer angebracht, der beim Zurücksinken des Quecksilbers in der erreichten Höhe stehen bleibt.

Zunahme der Zugfestigkeit des Papiers durch Behandlung mit Schwefelsäure.***) Daß die Festigkeit des Papiers durch Behandlung desselben mit Schwefelsäure und Ueberführung in Pergamentpapier bedeutend vergrößert wird, ist im Allgemeinen längst bekannt; genaue

*) Polytechn. Centralbl. 1875, S. 942 mit Abbildung.
**) Dinglers Polytechn. Journal Bd. 218, S. 191 mit Abbildung.
***) Der Civilingenieur. 1876. S. 155.

Zahlenbestimmungen hat neuerdings A. Lüdicke gegeben. Derselbe stellte seine Versuche mit Papier aus der Papier- und chemischen Fabrik in Helfenberg bei Dresden an. Diese Fabrik bereitet das Pergamentpapier, indem sie endloses Papier aus Baumwollfasern bei einer Temperatur, die 10° C. nicht übersteigt, etwa 3 Secunden lang mit einer Mischung von 9—9½ Theilen englischer Schwefelsäure von 58 bis 60° Baumé und 1 Theil Wasser behandelt; auf 100 Kilogr. Rohpapier rechnet man 500 Kilogr. Säuremischung. Die Fasern der Oberfläche werden dabei in eine stärkeähnliche Substanz umgewandelt, wobei eine Flächenschwindung von 5 bis 10 Procent und ein Gewichtsverlust, der nicht unter 10 Procent beträgt, eintreten. Mit dem Mikroskope sind die Baumwollfasern des Pergamentpapiers noch deutlich erkennbar, sie haben aber weniger scharfe Umrisse und sehen wie zusammen gefrittet aus. Die Ergebnisse der Versuche über die Festigkeit, angestellt mit dem Gardynamometer, dazu specifisches Gewicht, Feuchtigkeits- und Aschengehalt sind in folgender Tabelle verzeichnet:

Probe	Dicke	Spec. Gewicht	Abs. Festigkeit per 1 □ Mm.	Feuchtigkeit Proc.	Aschengehalt Proc.
	Millim.		Kilogr.		
1 Rohpapier	0,234	0,617	1,415	6,785	0,633
Pergamentpapier	0,152	0,967	6,436	8,778	0,496
2 Rohpapier	0,178	0,543	1,483	7,071	0,645
Pergamentpapier	0,113	0,937	5,111	8,483	0,458
3 Rohpapier	0,134	0,624	1,503	6,978	0,678
Pergamentpapier	0,088	0,927	5,777	9,160	0,559

Man erkennt, daß der Feuchtigkeitsgehalt beim Pergamentpapier größer ist als beim Rohpapier, der Aschengehalt dagegen kleiner; die Festigkeit ist um so größer, je niedriger die Temperatur bei der Fabrikation ist.

Plasticität des Eises, Gletscher und Firn.*)

*) Fr. Pfaff, „Die Art der Gletscherbewegung" in der Beil. z. Allgem. Ztg. 1874, Nr. 271; „Vier Tage im Firn" in der Beil. z. Allgem. Ztg. 1875, Nr. 218 u. 219; „Versuche über die Plasticität des Eises" in Poggend. Ann. Bd. 155, S. 169.

Unter den vielen merkwürdigen Erscheinungen, welche das Hochgebirge darbietet, hat keine die Aufmerksamkeit der Forscher in so hohem Grade gefesselt, wie die gewaltigen Eismassen, welche man zuerst in den Alpen kennen lernte und mit dem Namen „Gletscher“ bezeichnet. Vorzüglich war es die Bewegung dieser Eismassen, welche das wissenschaftliche Interesse erregte. Schon im vorigen Jahrhundert wußte man, daß die Gletscher in den Hochgebirgsthälern thalabwärts rücken und man suchte sich diese Bewegung auf dieselbe Weise zu erklären, wie in neuerer Zeit. Scheuchzer trug im Jahre 1705 die nachher von Charpentier und eine Zeit lang auch von Agassiz angenommene „Dilationstheorie“ vor, nach welcher das in den Spalten des Gletschers und namentlich in die feineren, sogenannten Haarspalten eindringende und dort gefrierende Wasser durch seine Ausdehnung die Bewegung verursacht, während 1760 Altmann und Grüner die „Gleitungstheorie“ aufstellten, welche den Gletscher für eine auf geneigter Unterlage durch seine Schwere gleitende Masse erklärt. Die letztere Ansicht wurde nachher von Forbes vertheidigt und ist jetzt allgemein herrschend.

Genauere Untersuchungen über die Bewegung und alle andern Erscheinungen der Gletscher beginnen 1840 mit den Arbeiten von Agassiz und den gleichzeitigen von Forbes. Ihnen reihen sich später die Gebrüder Schlagintweit, Tyndall u. A. an. Durch die Beobachtungen dieser Forscher wurden folgende allgemeine Gesetze rücksichtlich der Bewegung der Gletscher festgestellt: Alle Gletscher rücken thalabwärts, und zwar rückt 1. die Mitte rascher vor als die Ränder, 2. die Oberfläche schneller als die tieferen Lagen, 3. bei jeder Krümmung des Ufers die convexe Seite des Gletschers schneller als die concave, 4. an engeren Stellen erfolgt das Fortrücken rascher als an Weitungen. Die Bewegung hat hiernach eine außerordentliche Aehnlichkeit mit der des Wassers in unseren Flüssen, nur ist sie bedeutend langsamer. Das Maximum der Gletschergeschwindigkeit, welches Tyndall am Mer de Glace beobachtete, beträgt nur 864 Millim. in 24 Stunden oder 36 Millim. in der Stunde, während unsere langsamsten Flüsse mehr als 36 Millimeter in einer Secunde zurücklegen. Agassiz fand am Aargletscher als Maximum 374 Millim. in 24

Stunden und Schlagintweit auf der Pasterze 257 Millim. Die Kleinheit dieser Bewegung erklärt sich im Allgemeinen daraus, daß das Eis nicht den Gesetzen der Hydrodynamik folgt, sondern eine feste Masse ist, die durch den gewaltigen Druck der weiter oben auf steil geneigter Fläche ruhenden Schnee- und Firnmassen in den Hochgebirgsthälern thalabwärts geschoben wird und dabei, ähnlich einer zähflüssigen Substanz, den wechselnden Formen ihres Bettes sich anschließt.

Eine andere Verschiedenheit zeigt sich in dem Einflusse der Größe eines Gletschers auf die Geschwindigkeit seiner Bewegung, während bei Flüssen dieser Umstand gegenüber der Neigung des Bettes fast ganz ohne Bedeutung ist. So fand Agassiz auf dem Aargletscher in gleicher Entfernung von der Mittelmoräne auf dem Theile des Gletschers, welcher dem Finsteraarhorngletscher entspricht, eine Bewegung von 189 Millim. in 24 Stunden, während die Geschwindigkeit auf dem Zuflusse des Lauteraar nur 55 Millim. betrug, und doch bewegten sich beide vereinte Ströme unter denselben Neigungsverhältnissen in demselben Bette fort.

Von wesentlicher Bedeutung für die Bewegung des Gletschers ist ferner die Temperatur. Je höher dieselbe steigt und jemehr der Gletscher dann von Schmelzwasser durchzogen wird, desto rascher rückt er fort. Daher beträgt die Bewegung im Winter trotz des Druckes der gewaltigen Schneemassen in der Höhe nur die Hälfte, ja bisweilen nur ein Drittel der Sommerbewegung.

Endlich kommt auch noch in Betracht, daß der Gletscher in Folge der bald gröberen, bald feineren Spalten, die ihn überall durchsetzen, in hohem Grade zusammendrückbar ist. Deshalb beobachtet man nicht selten der Länge des Gletschers nach eine Abnahme der Geschwindigkeit von oben nach unten, ohne daß eine Erweiterung des Bettes eintritt, die diese Aenderung erklären könnte.

Es ist nicht ohne Interesse, zu wissen ob die Bewegung stetig oder ruckweise vor sich geht. Diese Frage hat Fr. Pfaff in Erlangen durch Beobachtungen, die er auf dem Aletschgleschер mit einem Mikrogoniometer*) anstellte entschieden.

*) Vergl. über dieses mit einem Mikroskop verbundene Meß-

Wie die meisten Schweizer Gletscher, hat auch der Aletsch in den letzten Jahren bedeutend an Dicke abgenommen, seit 17 Jahren um 40 Meter. So ist ein felsiges nacktes Ufer zurückgeblieben, theilweise bedeckt vom Schutte der Seitenmoränen. An einer Stelle ragte nun der Gletscher, sehr wenig zerklüftet, mit einer etwa $1^1/_2$ Meter hohen senkrechten Wand über eine solche schmale Uferterrasse auf. Durch die Wärme des Bodens war er am Rande so weit abgeschmolzen, daß sich zwischen Eis und Fels ein ungefähr $^1/_4$ Meter breiter freier Raum gebildet hatte, somit eine Reibung der obersten Schichten am Ufer nicht stattfand. Auf dem Eise wurde nun ein hölzernes Kreuz aufgestellt, an dem unmittelbar oberhalb des Eises ein aus hohlen Blechröhren bestehender, 2 Meter langer und in eine feine Nadelspitze endender Arm angebracht war. Auf dem Ufer stand auf einem Theodolitengestelle das Mikrogoniometer, mit dem die genau in den Brennpunkt eingestellte Nadelspitze verfolgt wurde. Die Bewegung ergab sich als stetig, ohne Unterbrechungen. Die angewandte Vergrößerung, 60fach, gestattete eine Verschiebung von $^1/_{600}$ Millim. noch ganz wohl zu sehen, während bei der Entfernung der Nadelspitze von der Kreistheilung des Mikrogoniometers nach der feinen Theilung derselben (Ablesung 4 Secunden) $^1/_{1500}$ Millim. noch zu messen gewesen wäre.

Die Bewegung des Gletschers zeigte sich indessen nicht gleichmäßig, vielmehr stellten sich selbst im Laufe einer Stunde Schwankungen der Geschwindigkeit von 0,057 Millim. bis herab auf 0,08 Millim. in der Minute heraus; das Mittel aus den beobachteten Geschwindigkeiten betrug 0,066 Millim. Wollte man diesen Werth als das allgemeine Mittel für Tag und Nacht annehmen, so würde sich eine Bewegung von 96 Millim. in 24 Stunden ergeben, was für eine dem Rande nahe gelegene Stelle eine ungewöhnlich rasche Bewegung sein würde. Man darf daher annehmen, daß Nachts die Bewegung langsamer von Statten geht.

---

instrument: Fr. Pfaff, „Das Mikrogoniometer, ein neues Meßinstrument." Erlangen 1872.

Dollfuß und Desor haben gefunden und v. Schlagintweit hat diese Wahrnehmung bestätigt, daß die Randtheile eines Gletschers außer einer thalabwärts gerichteten auch zuweilen noch eine seitliche Bewegung erkennen lassen. Auch bei den Pfaff'schen Beobachtungen machte sich dieselbe bemerklich, indem durch dieselbe die Nadelspitze den Linsen etwas genähert wurde und daher aus dem Brennpunkte kam, weshalb immer nach einigen Minuten das Mikroskop ein Wenig zurückgeschoben werden mußte.

Da gerade am Rande und in den unteren Theilen des Gletschers sich der Fortbewegung des Eises größere und zahlreichere Hindernisse entgegenstellen, als anderwärts, so ist wohl anzunehmen, daß wahrscheinlich auch in der Mitte und in den oberen Theilen des Gletschers die Bewegung eine stetige ist; wenigstens erscheint dieser Schluß sicherer, als wenn eine solche Bewegung in der Mitte beobachtet worden wäre und man wollte daraus auf die Bewegung am Rande schließen.

Im Sommer 1875 hat Pfaff auch Beobachtungen über die Bewegung der Firnmassen angestellt. „Wenn man einen der größeren Gletscher im Hochsommer bergan geht, so kommt man meist erst nach mehrstündigen Wandern in eine Region, welche sich nach allen Seiten wesentlich von der bisher durchschrittenen des Gletscherstammes unterscheidet. Zunächst bemerkt schon der Fuß den Unterschied des Materiales, auf das er tritt, sehr auffällig und meist auch sehr beifällig; statt auf rauhem, zerklüftetem, vielfach zu Sprüngen, Umwegen oder selbst zum Klettern nöthigendem, mit Geröll übersätem Eis, findet man sich auf einem gewöhnlich sanft geneigten, ebnen oder schwach gewellten, selten Zusammenhangstrennungen zeigenden, dem Fuß etwas nachgebenden, rein weißen, nur spärliche Blöcke zeigenden Boden, der sich zu den die höchsten Spitzen trennenden Sätteln und selbst zu den ersteren oft ununterbrochen hinaufzieht. Ebenso groß ist auch der Unterschied in der Gestaltung und den Dimensionen zwischen diesen beiden verschiedenen Regionen. Während der eigentliche Gletscher, der Eisstrom, sich in einem engen, von jäh abfallenden Wänden begrenzten Thale eingeschlossen zeigt, stellt die obere Region große Thalweitungen dar, deren Oberfläche,

muldenförmig gestaltet, meist vier- bis sechsfach größer ist, als die des Gletscherstammes. In diesen gewaltigen Kesseln sammelt sich der Schnee, der theils direct hineinfällt, theils durch die Stürme und die Lawinen von den sie umgebenden Wänden hineingeschüttet wird — man schätzt die Dicke jeder Jahresschichte zu 10—15 Meter — und wandelt sich hier zu der eigenthümlichen zwischen Schnee und Eis in der Mitte stehenden körnigen Masse um, die man als Firn bezeichnet. Er ist es, welcher den Gletscher erzeugt und ernährt; unter der Firnlinie, wie man die Grenze zwischen Eis und Firn genannt hat, findet eine stete Zerstörung und Verkleinerung des Gletschers statt; über ihr eine stete Neubildung und Vermehrung. Der sonst unausbleiblichen übermäßigen Anhäufung der Schneemassen in der Firnregion arbeitet eben die Gletscherbildung entgegen, indem durch die Bewegung der Gletscher die Vorräthe der Firnmulden thalabwärts geführt, auf diesem Wege allmälig wieder in flüssiges Wasser verwandelt und so dem allgemeinen Kreislaufe desselben zurückgegeben werden." Daß sich die Firnmassen thalabwärts verschieben müssen, „dafür liefert eben die Existenz der Gletscher den unumstößlichsten Beweis: sie sind ja nichts anderes als herabgestiegener Firn. Man könnte denken: um das Wie könne es sich nicht handeln, sondern höchstens um das Wieviel. Der Firn müsse eben einfach thalabwärts gleiten wie der übrige Gletscher auch. Eine kurze Erörterung der Verhältnisse der Firnbewegung wird jedoch ... zeigen, daß die Frage, wie sich der Firn bewege, im Voraus nicht so einfach zu beantworten sei. Gehen wir zu diesem Behufe etwas weiter zurück, in die Zeit, in welcher, wie uns die Geologie lehrt, in den Alpen noch keine Gletscher vorhanden waren und suchen wir uns die Entstehung eines solchen in seinen verschiedenen Phasen zu veranschaulichen. Die nachweisbaren bedeutenden klimatischen Veränderungen in der Tertiärzeit hatten einen reichlicheren Schneefall zur Folge, der sich in den muldenförmigen Vertiefungen der Hochregion, unsern jetzigen Firnmeeren, besonders anhäufte. Die jährlich auffallende Menge schmolz, wie jetzt auch, nach unten hin immer stärker ab und endigte, wie jetzt, in einer Linie, der Firnlinie, unter welcher anfangs noch kein Eis, kein Gletscher

sich heraberstreckte. In doppelter Weise konnte es nun zur Bildung eines solchen kommen. Jede neue Schneelage des Winters bildet am Ende des Sommers offenbar eine keilförmige Schicht auf der alten, deren scharfer Rand, gleichsam die Schneide des Keiles, an der Firnlinie liegt, wo die Abschmelzung am stärksten wirkt, während nach oben hin, wo die Abschmelzung immer geringer wird, die Dicke der jährlich sich auflagernden Schneemassen zunimmt. Denken wir uns Jahrhunderte hindurch stets neue Schichten, alle keilförmig nach oben dicker werdend, auf die untern sich auflagernd, so würde dadurch die Anhäufung des Schnees eine so bedeutende, der Neigungswinkel der obersten Lagen ein so großer werden, daß ein Herabrutschen des Schnees, der sich durch den Schmelzungsproceß in Firn umwandelt, nothwendig eintreten müßte. Nach dieser Anschauung würde der eisige Gletscherstamm vorzugsweise von den oberflächlichen herabgleitenden Firnmassen gebildet. Es ist aber auch noch eine zweite Vorstellung von der Entstehung des ersteren möglich. Nach derselben würde jede neu sich auflagernde Schneeschicht auf die tieferen drücken und durch solchen Druck würden diese nicht nur in Eis umgewandelt, sondern auch veranlaßt, nach der einzigen freien Seite, thalabwärts, auszuweichen und hinabzurutschen. Die oberflächlichen Schichten würden demnach allmälig in die Tiefe wandern, zugleich eine verticale und seitliche, thalabwärts gerichtete Bewegung annehmen.“ Es handelt sich sonach um die Frage, ob der Firn sich nur bergabwärts verschiebt, oder ob er auch in die Tiefe sinkt. Um dieselbe zu entscheiden, hat Pfaff auf einem Arm vom Firn des Aletschgletschers, der größten Firnmulde der Alpen, in folgender Weise Beobachtungen angestellt. Am Ufer des Firn wurde auf einer Felsplatte ein großer Dreifuß aufgestellt, der zwei Fernrohre trug, die in jeder beliebigen Stellung festgehalten werden konnten. Dann wurden auf dem Firn zwei Scalen aufgepflanzt. „Beide bestanden aus einer vier Fuß langen Blechröhre, an deren unterem Ende eine quadratische, beiläufig ¼ Quadratfuß große Blechplatte befestigt war, die, horizontal stehend, die Röhre vor dem Einsinken sicherte. Am obern Ende der Röhre befand sich eine in einzelne Centimeter getheilte Scala, deren Theile abwechselnd

weiße und schwarze Streifen darstellten; an sie schloß sich eine horizontale, ebenso getheilte an, deren Streifen vertical standen, das Ganze stellte also ein Kreuz dar, dessen horizontaler und oberer senkrechter Theil eine Scala trug. Eines dieser Kreuze wurde nun in der Mitte des Firnarmes, das andere zwischen diesem und den Ufer senkrecht im Firn befestigt, und nachdem von den beiden Fernrohren jedes auf eines dieser Kreuze gerichtet und festgeklemmt war, wurden die horizontalen wie die verticalen Striche, welche von den Fäden in den Ocularen durchzogen wurden, notirt. Um aber auch davon sich überzeugen zu können, daß die Fernrohre auf oder mit ihrem Dreifuße sich nicht verrücken, war auf dem größeren ein drittes Fernrohr befestigt, das unverrückbar auf demselben festzuklemmen war. Dieses kleinere Fernrohr wurde auf einen sehr in die Augen springenden Felszacken des jenseitigen ferneren Ufers gerichtet und die Lage der Fäden seines Fadenkreuzes gegen die Felsenrisse und Vorsprünge genau aufgezeichnet. Vor jeder Beobachtung mit den größeren Fernrohren wurde zuerst das kleine untersucht, ob der Stand des Instrumentes noch unverändert geblieben sei.“ Nur ein einziges Mal zeigte sich eine kleine Veränderung, die eine Correctur der Einstellung nöthig machte. Um 6 Uhr Abends waren diese Anordnungen beendigt. Um 8 Uhr Abends zeigte ein Blick durch die beiden Fernrohre schon eine deutliche Verrückung des Scalen an, merkwürdiger Weise begünstigte aber die eine Scala die erste der beiden obenerwähnten Vorstellungen, sie war ganz einfach um einige Centimeter thalabwärts gerutscht, während die andere zwar auch eine solche Bewegung gemacht hatte, aber, entsprechend der zweiten Vorstellung, auch vertical abwärts gesunken war. Am andern Morgen früh 5 Uhr war an beiden Scalen sowohl die Bewegung thalabwärts, als auch die verticale Senkung wahrzunehmen. Um die Bewegung des Firns noch auf eine andere Art zu ermitteln, wurde um die entferntere Scala in der Mitte noch ein großes Quadrat von 40 Meter Durchmesser abgesteckt, dessen Mitte die senkrechte Blechröhre der Scala bildete, während eine Diagonale in die Längsachse, die andere in den Querschnitt des Firnarmes fiel.

Die Beobachtungen an den aufgestellten Scalen zeigten

nun, wie wichtig es ist, in kürzeren Zwischenzeiten zu beobachten. Nach größeren Zwischenzeiten von 12 bis 24 Stunden wird immer nur das Resultat aus vielen sehr ungleichen Verrückungen sichtbar, während es von Interesse ist, gerade diese Ungleichmäßigkeiten kennen zu lernen. Durch wiederholte, größtentheils stündlich angestellte Beobachtungen hat sich Pfaff davon überzeugt, daß die Bewegung des Firns eine höchst complicirte ist, wiewohl das Gesammtresultat sich sehr einfach herausstellt. Es bewegte sich nämlich in der Zeit vom 1. bis 3. Tage die in der Mitte befindliche Scala in horizontaler Richtung um 104,5 Centimeter vorwärts und in verticaler 82,5 Centimeter abwärts, die dem Ufer nähere aber in horizontaler Richtung 41,5 Centimeter vorwärts und in verticaler 35,75 Centimeter abwärts. „In beiden Fällen war also neben der Vorwärtsbewegung eine sehr energische, der ersteren nahezu gleiche Abwärtsbewegung im Sinn jener zweiten Vorstellung von der Bewegung des Firns nachgewiesen. Auch das für den Gletscherstamm von allen Beobachtern gefundene Bewegungsgesetz, daß sich die Mitte rascher bewege als der Rand, tritt aus diesen Zahlen ebenfalls sehr deutlich hervor. Man könnte daraus nun den Schluß ziehen, daß sich der Firn, wenn auch in den verschiedenen Tageszeiten etwas ungleich, so doch gleichmäßig vorwärts und abwärts bewege, und genau dasselbe Resultat ergiebt sich bei Zusammenfassung der Einzelbeobachtungen von je 12 zu 12 Stunden. „Aber die Beobachtungen der einzelnen Stunden geben ein viel complicirteres Bild. Nach diesen zeigt sich nämlich, daß manchmal von einer Stunde zur andern ein, wenn auch geringes, Steigen der Oberfläche das Sinken unterbricht, ja daß sich ebenso hie und da einmal ein Zurückweichen, und, wie sich aus den schließlichen Beobachtungen des Quadrates ergab, eine seitliche Bewegung der Masse zu erkennen giebt, kurz eine Mannichfaltigkeit der Bewegungen, die uns ein viel deutlicheres Bild von dem Schieben und Drängen, Widerstehen und Nachgeben, mit einem Worte von der Elasticität dieser festen Massen liefert, als wir sie aus dem Verhalten derselben in größeren Zeitabschnitten erschließen können.“

Als am vierten Tage, beim Verlassen des Gletschers,

das oben erwähnte Quadrat besichtigt wurde, zeigte sich dasselbe merklich verändert. „Bezeichnet man die vier Ecken desselben mit a, b, c, d, von denen a und c auf dem Querschnitte und b und d auf dem Längsschnitt des Gletschers lagen, die Mitte mit C, so ergab die Messung, daß die Linie Ca um 25 Centim. zugenommen, Cb um 5 Centim. abgenommen, Cc um 48 Centim., Cd um 24 Centim. zugenommen hatten. Eine von a nach c gespannte Schnur fiel nicht mehr mit C zusammen, sondern um 15 Centim. näher nach d zu, und ebenso zeigte sich d, C und b nicht mehr in gerader Linie, die Schnur verlief 24 Centim. von c entfernt nach a zu. Die nicht unbeträchtliche Vergrößerung der Entfernung Ca und Cc zeigt uns sehr deutlich, wie sich von der Mitte nach beiden Seiten hin die Massen verschieben, und der Umstand, daß weder ac noch bd mit C in eine gerade Linie fielen, läßt uns ebenso erkennen, wie selbst verhältnißmäßig sehr nahe gelegene Punkte sehr ungleiche Bewegung zeigen. Auch dies giebt uns wieder einen Beweis von der Verschiebbarkeit der einzelnen Theile der ganzen Masse gegen einander — ein Verhalten, für das wir keinen bessern und entsprechenderen Ausdruck als den der Elasticität finden können." Bei der Messung der Erniedrigung des Firns ergab sich, daß dessen Oberfläche um 6 Centim. weiter von dem horizontalen Arme des Kreuzes entfernt war, als am ersten Morgen; doch konnte nicht festgestellt werden, wieviel davon auf das Abschmelzen und Verdunsten kam, und wieviel auf das Zusammensinken der Masse zwischen der Blechplatte, welche die Röhren am untern Ende gegen das Einsinken schützte.

Durch die Untersuchungen der Gebrüder Schlagintweit, Tyndall's und Helmholtz's ist bekannt, daß durch Druck Schnee in Eis verwandelt wird, daß Eis, welches man in Stücke zerklopft hat, wieder in einen homogenen Eiscylinder zusammengedrückt werden kann, der sich durch immer kleinere Oeffnungen pressen läßt u. s. w. Diese Erscheinungen erklären sich durch die 1850 von Faraday entdeckte Regelation des Eises, die darin besteht, daß Eisstücke bei der Berührung zusammenfrieren, auch wenn die Temperatur der Umgebung über 0° ist, ja selbst in heißem Wasser. Man hat es eben

bei den Formveränderungen des Eises mit einem fortwährenden Trennen und Wiedervereinigen der kleinsten Theilchen zu thun. Von Interesse ist es nun, die Größe des Druckes kennen zu lernen, welche zu einer Formänderung des Eises nothwendig ist. Die oben genannten Forscher scheinen sich diese Frage nicht vorgelegt zu haben; sie experimentirten immer mit sehr starkem Druck, um rasch eine merkliche Formänderung zu erzielen. Erst Moseley hat dahin gerichtete Versuche angestellt; aus seiner Veröffentlichung im Philos. Magazine 1870 ergiebt sich, daß zum Zerreißen eines Eiscylinders für jeden Quadratzoll Querschnitt ein Gewicht von 70 bis 116 Pfund oder eine Kraft von 5½ bis 9 Atmosphären erforderlich war, zum Zerbrechen waren 101,8 Pfund oder 8 Atmosphären nöthig und zur Erzeugung einer Verschiebung 98 bis 118 Pfund oder 7½ bis 9 Atmosphären. Es hat nun im Winter 1875 auch Pfaff eine Reihe von Versuchen angestellt, bei denen er hauptsächlich das Minimum des Druckes ermitteln wollte, bei dem sich das Eis noch plastisch erweist. Es stellte sich dabei das merkwürdige Resultat heraus, daß auch der geringste Druck schon hinreicht, um die Eistheilchen zu verschieben, wenn er nur anhaltend wirkt und die Temperatur des Eises und seiner Umgebung dem Schmelzpunkte nahe ist. In der Nähe des Schmelzpunktes verhält sich das Eis wie Wachs und schon bei einem Drucke von 2 Atmosphären ist es so nachgiebig, daß z. B. ein hohler eiserner Cylinder von 11½ Millim. Durchmesser und 1,7 Millim. Wandstärke bei einer Temperatur von — 1° bis — 0,5° in Zeit von 2 Stunden 3 Millim. tief in das Eis eindrang. Wie groß der Einfluß der Temperatur ist, den schon Moseley erkannt, aber nicht in vollem Umfange gewürdigt hat, geht daraus hervor, daß derselbe Cylinder unter dem gleichen Drucke bei — 4° bis — 1° in 12 Stunden nur um 1,25 Millim., bei — 6° bis — 12° aber unter einem Drucke von 5 Atmosphären in 5 Tagen nur um 1 Millim. eindrang. Als die Temperatur der Umgebung über 0° stieg, wurde derselbe Cylinder durch den Druck von 2 Atmosphären schon in einer Stunde 3 Centimeter tief in das Eis eingetrieben, obwohl er zur Verhütung der Erwärmung

mit Schnee umgeben war. Der Druck wurde bei diesen Versuchen durch einen einarmigen, 86 Centimeter langen Stahlhebel ausgeübt.

Tyndall hat behauptet, daß Eis sei weder dehnbar noch biegsam. Indessen hat bereits Kane die Bemerkung gemacht, daß eine große, mit ihren Enden auf zwei andern aufliegende Eisscholle sich in einigen Monaten bog. Aehnliche Versuche hat Pfaff im Kleinen angestellt. Ein Eisparallelepiped von 52 Centim. Länge, 2,5 Centim. Breite und 1,3 Centim. Dicke wurde mit den Enden auf Holzstücke gelegt, so daß jederseits 5 Millim. auflagen. Vom 8. Februar bis 15., bei einer Temperatur von — 12° bis — 3,5° senkte sich die Mitte täglich um 2 bis 3 Millim., so daß die Senkung am 15. im Ganzen 11,5 Millim. betrug. Dann stieg die Temperatur, blieb aber bis zum Mittag des 16. unter 0°; die Biegung betrug von 8 Uhr am 15. bis zu derselben Stunde am 16. Februar 9 Millim. Dabei waren keinerlei Risse an dem Eisstück zu bemerken. Bis Nachmittags 2 Uhr hatte sich die Mitte noch um 3 Millim. gesenkt, um 5 Uhr zerbrach das Stück, nachdem die Temperatur auf + 3° gestiegen war. Es hatte sich sonach bei 51 Centim. Länge eine Biegung von 23,5 Millim. gezeigt.

Auch die Längenausdehnung des Eises durch Zug hat Pfaff zu bestimmen versucht. Es wurde deshalb in ein vertical aufgehängtes Eisprisma, 3 Centim. vom untern Ende entfernt, ein Loch gebohrt und durch dasselbe eine Schnur gezogen, an welche ein Gewicht von 3 Kilogr. gehängt wurde. Zwei in das Eis eingefrorne Holzsplitter dienten als Marke zur Erkennung der Dehnung. Dieselbe betrug vom 11. bis 16. Februar 1 Millimeter. Dann trat warmes Wetter ein und die Schnur schnitt in das Eis ein, wodurch der Beobachtung ein Ende gesetzt wurde. Das Eis ist hiernach auch dehnbar.

Die Frage, durch welchen Druck Firn sich in Eis verwandle, hat Pfaff durch Versuche im Sommer 1875 auf dem Aletschgletscher beantwortet. „Zu diesem Behufe wurde eine starkwandige Glasröhre von 7 1/4 Millim. im Lichten mit Firn gefüllt, bis an ihren oberen Rand in den Firn eingesenkt, und mit einem eisernen Stempel, der oben mit einem

Gewicht von 300 Gramm abgesperrt wurde, gedrückt. Es entspricht dies ziemlich genau dem Drucke von 4/5 Atmosphären." Anfangs senkte sich der Stempel merklich und es wurde deshalb mehrmals neuer Firn nachgefüllt. Als am vierten Tage die Röhre aus dem Firn genommen wurde, zeigte sich, daß „von unten herauf ein klarer, unten wenig, oben mehr Luftblasen enthaltender Eiscylinder statt des lockeren, körnigen Firnes unter dem Stempel die Röhre ausfüllte, der, herausgenommen, sich vollständig fest zusammenhängend zeigte ... Die Dichtigkeit des Firnes betrug 4/10 von der des Wassers (die Angaben schwanken zwischen 3/10 und 6/10, wie sich auch die Beschaffenheit des Firnes selbst bald mehr locker, bald mehr fest, einem blasigen Eise ähnlich zeigt). Demnach würde in einer Tiefe zwischen 65 und 100 Fuß der Firn in Eis übergehen, da eine Firnschicht von dieser Dicke auf ihre Unterlage einen ähnlichen Druck ausübt, wie er in dem besprochenen Versuche angewandt wurde. Wir können zwar keine ganz sichern Angaben über die Dicke der Schnee- und Eismassen in den Firnmulden machen, aber nach den Untersuchungen von Agassiz u. A. können wir von der wahrscheinlichen Dicke der Gletscher in ihrem oberen Theile einen Schluß auf die Tiefe der Firnablagerungen ziehen, und werden schwerlich zu hoch greifen, wenn wir sie in ihrer Mitte zu 1500 bis 2000 Fuß annehmen. Wir müssen demnach auch weiter annehmen, daß selbst in der Firnregion der größte Theil der die Mulden ausfüllenden Masse Eis, der Firn nur eine verhältnißmäßig dünne Bekleidung einer mächtigen, in ihrer Fortsetzung als Gletscher frei zu Tage tretenden Eismasse sei."

Eine neue Stoßmaschine*) hat der Mechaniker Sedlaczek in Wien angegeben. Dieselbe soll einestheils „die Grundsätze der Momentankräfte, wie sie beim elastischen und unelastischen Stoße sich äußern, sichtlich machen mit Hilfe von Kork-, Glas- und Bleikugeln, ohne eigentliches Messen," andererseits unter Anwendung eines eignen Hilfsapparates „numerisch nach Maß und Gewicht — unter Einschluß der Reibungsgesetze und der Wirkung constanter Kräfte — nachweisen."

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 476.

Die einfache Stoßmaschine, ohne den Hilfsapparat, besteht aus einer über 1 Meter langen, flach rinnenartigen Stoßbahn mit einem Puffer als Stoßvorrichtung.

Zum elastischen Stoße werden massive Glaskugeln verwendet. Legt man eine beliebige Zahl neben einander in die Rinne, so daß sie sich berühren, und läßt man dann mittels des Puffers eine Anzahl solcher Kugeln an die ruhenden anprallen, so werden von den letzteren ebensoviele am andern Ende abgestoßen. Zum unelastischen Stoße dienen Bleikugeln. Stößt man eine Bleikugel durch eine zweite, so gehen beide zusammen, aber mit verminderter Geschwindigkeit, weiter. Ein zwischen die Kugeln gebrachtes, die ruhende berührendes Korkstück bewirkt, daß die ruhende Kugel abgestoßen wird, die stoßende aber zur Ruhe kommt. Nimmt man die stoßende Kugel aus Glas, so springt auch diese ab, das Korkstück zwischen ihr und der Bleikugel dagegen bleibt liegen.

Bei der zusammengesetzten Stoßmaschine ist der Puffer durch einen Fallapparat mit Maßstab ersetzt, welcher gestattet, eine Kugel aus meßbarer Höhe herabfallen zu lassen; ein unten angebrachter Quadrant verwandelt die Verticalbewegung der Kugel in eine horizontale. Um die Ausschläge der gestoßenen Kugeln zu messen, ist an der Stoßbahn ebenfalls ein Maßstab angebracht.

Sedlaczek macht noch auf eine Anzahl Experimente aufmerksam, die man mit der Maschine ausführen kann. Bei Anwendung von Glaskugeln ist die Geschwindigkeit der abgestoßenen Kugel dieselbe, gleichgültig ob man sie direct durch die aus bestimmter Höhe herabgefallene Kugel stoßen läßt, oder ob eine Anzahl Kugeln dazwischen liegen, denn durch den elastischen Stoß geht an lebendiger Kraft Nichts verloren. Bei Anwendung von Bleikugeln geht dagegen der größte Theil der lebendigen Kraft verloren. Benutzt man einen Stoßbalken von solcher Form, daß in dem einen Falle zwei volle Flächen zur Reibung gelangen, während im andern nur auf vier schmalen Streifen Reibung stattfindet, und läßt man eine aus gewisser Höhe herabfallende Messingkugel dagegen prallen, so erhält man in beiden Fällen denselben Ausschlag, ein Beweis dafür, daß die Reibung von der Größe der reibenden Flächen unabhängig ist. Ferner ergiebt sich, daß das Product

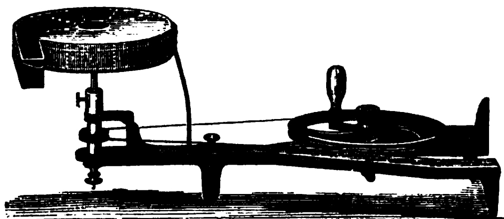
aus der Größe der Belastung des Stoßbalkens und der Größe des Ausschlages constant ist. Darin ist ein Mittel gegeben, den Reibungs-Coëfficienten zu berechnen durch Division mit diesem Producte in dasjenige aus Fallgewicht und Fallhöhe. Hat man mehrere gleich große und gleich schwere Holzblöcke, die durch Stifte verbunden werden können und stößt man erst einen, dann zwei, dann drei und zuletzt alle vier verbunden durch die aus einer bestimmten Höhe fallende Messingkugel, so verhalten sich die Ausschläge wie die Zahlen 1, 1/4, 1/9, 1/16.

Die Sedlaczek'sche Stoßmaschine ist von Rohrbeck's Nachfolger, Verlängerte Kärnthnerstraße 59 in Wien, zu beziehen.

Universal-Rotationsapparat.

Für physikalische Cabinette, denen keine bedeutenden Mittel zu Gebote stehen, ist es jedenfalls sehr erwünscht, einen Rotationsapparat zu besitzen, den man nicht blos zur Vorführung der gewöhnlichsten Erscheinungen der Centrifugalkraft benutzen kann, sondern der auch für andere Versuche, zu deren Ausführung eine rasche rotirende Bewegung erforderlich ist, verwendet werden kann. Einen solchen Universal-Rotationsapparat, ganz aus Eisen, hat der Mechanicus Emil Stöhrer jun. in Leipzig construirt. Man kann diesen Apparat in horizontale und verticale Stellung bringen. In der ersteren Stellung zeigt ihn Fig. 7 mit dem darauf

Fig. 7.



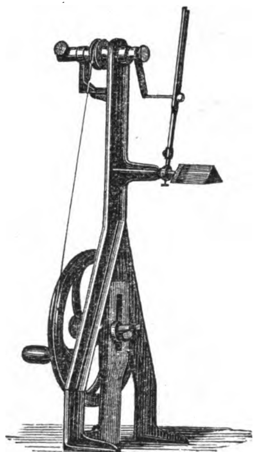
angebrachtem Modell eines Centrifugalgebläses; dagegen erblicken wir denselben in Fig. 8 und 9 in aufrechter Stellung. In Fig. 8 ist einerseits eine Sirenenscheibe mit verschiedenen Löcherreihen, andererseits eine Anzahl Savart'scher Räder an

demselben angebracht, in Fig. 9 aber ein oscillirendes Prisma zur Demonstration der Zusammensetzung des weißen Lichtes

Fig. 8.



Fig. 9.



aus den verschiedenen Farben des Spectrums. Stöhrer's Katalog zählt noch eine große Reihe anderer Nebenapparate auf, die sämmtlich zu dem Rotationsapparate passen und einzeln geliefert werden, als die verschiedenen Apparate zur Versinnlichung der Wirkungen der Centrifugalkraft: den Watt=schen Regulator, Kugel mit Federwage zur Messung der Centri=fugalkraft, Metallringe zur Demonstration der Abplattung eines Oeltropfens und der Ringbildung u. a., ferner Apparat nach Coulomb, um durch Reibung Wasser zum Kochen zu bringen, Würfel mit Spiegelscheiben für Flammenbilder, Farbenscheiben, stroboskopische Scheiben, Becquerel's Phospho=roskop, verschiedene elektrische und magnetische Apparate u. s. w.

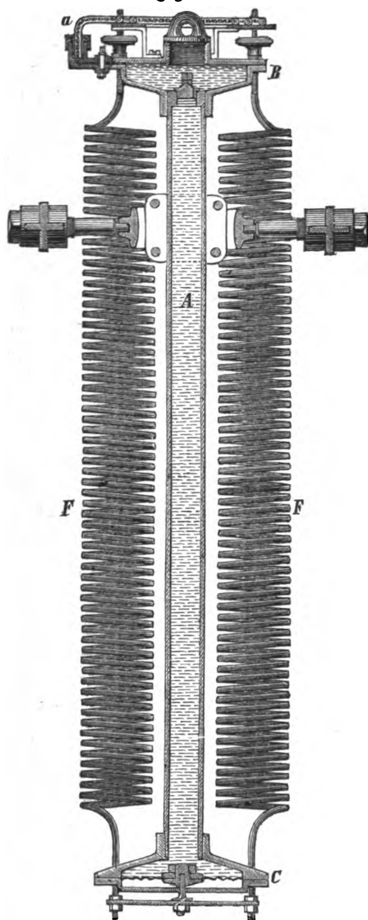
Siemens' Bathometer.*)

Auf scharfsinnige Weise hat C. William Siemens in London die geringere Anziehung, welche das Wasser im

*) Nature XIII, p. 431.

Vergleich zu dem dichteren Festlande ausübt, zur Construction eines Apparates benutzt, der die Tiefe des Meeres angeben soll, ohne daß eine Lothleine nöthig ist. Der Apparat giebt zunächst die Aenderungen des Gewichtes einer Quecksilbersäule A an, die in einer verticalen Stahlröhre eingeschlossen ist. Oben und unten ist die letztere schalenförmig erweitert: Die oberste Erweiterung B ist verschlossen und mit einer Oeffnung zum Füllen versehen, die durch eine Schraube verschließbar ist, über die untere Erweiterung C aber ist eine dünne Stahlplatte mit gewellter Oberfläche gespannt. Gegen die Mitte dieses Stahldiaphragmas drückt ein Bolzen, welcher durch vier kräftige Spiralfedern F nach oben gezogen wird, von denen unsere Fig. 10 zwei zeigt. Das Gewicht der Quecksilbersäule ist nun mit der Intensität der Anziehung, welche die Erde ausübt, veränderlich, der Zug der Spiralfedern ist aber unabhängig davon. Sobald daher das Gewicht der Quecksibersäule abnimmt, wird das am Boden angebrachte Diaphragma nach oben gedrückt, weil die Federkraft überwiegt.

Fig. 10.



Das Quecksilber wird dann aus der obern schalenförmigen Erweiterung der Röhre in ein enges Röhrchen a gepreßt, welches auf der Oberseite des Instrumentes in spiralförmigen Windungen liegt. Das Instrument ist mittels Universalgelenk oberhalb seines Schwerpunktes aufgehängt, so daß es beim Gebrauch zur See bei allen Schwankungen des Schiffes seine verticale Stellung bewahrt. Die Intensität der Schwerkraft ist nun wesentlich abhängig von der Anziehung der benachbarten Theile der Erde; sie ist also auf dem Meere schwächer, wenn die Tiefe des Wassers sehr bedeutend ist, als auf einer Wasserfläche von geringer Tiefe. Man kann daher aus den geringen Aenderungen der Schwerkraft, die durch die Bewegung des Quecksilbers in der erwähnten Spiralröhre sichtbar gemacht werden, einen Schluß ziehen auf die Meerestiefe, über welcher sich das Instrument jeweilig befindet; natürlich kann nur die mittlere Tiefe in der Umgebung ermittelt werden, nicht die Tiefe an einem bestimmten Punkte, wie man sie aus Lothungen erhält. Eine theoretische Construction der Scala, welche an der Spiralfeder anzubringen ist, um Meerestiefen ablesen zu können, würde allerdings angesichts unserer nur unsicheren Kenntniß über die mittlere Dichte der obern Erdkruste, mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sein; Siemens hat deshalb diese Scala durch Vergleichung der Angaben des Instrumentes mit wirklichen Lothungen hergestellt.

Der Einfluß der Temperatur soll durch die Einrichtung des Instrumentes compensirt, dasselbe soll parathermal sein. Die Ausdehnung des Quecksilbers und die Aenderungen der Elasticität der Spiralfedern werden durch die Gestalt des Quecksilbergefäßes aufgehoben, das sich in der Mitte etwas verengt. Die Schwankungen des Luftdruckes haben keinen Einfluß, weil derselbe auf beide Enden der Quecksilbersäule wirkt; zudem befindet sich auch das Instrument in einem luftdicht verschlossenen Kasten. Dagegen macht sich der Einfluß der geographischen Breite auf das Instrument geltend; indessen kann die Abnahme der Schwerkraft mit abnehmender Breite berechnet werden und es läßt sich leicht eine Tafel für die an den Angaben des Instrumentes in verschiedenen Breiten anzubringenden Correctionen construiren.

Am 31. October vor. J. wurden am Bathometer Tiefen von 82, 218 und 78 Faden abgelesen; die directen Lothungen gaben 82, 204 und 69 Faden.

Statik und Dynamik tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper.

Bestimmung des specifischen Gewichts.

Einen einfachen Apparat zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper in Fragmenten hat Paquet angeangegeben.*) Sein „Densimeter" hat die Gestalt eines Baumé'schen Aräometers mit birnförmigem Schwimmer und einer 15 Centimeter langen und etwa 1/2 Quadrat-Centim. im Querschnitt haltenden Spindel. Ueber letzterer erhebt sich ein unten geschlossenes Glasrohr von größerer Weite mit einer Scala, die Cubikcentimeter und Zehntel angiebt. Der Nullpunkt befindet sich auf der Höhe des zweiten Cubik-Centimeters, und das Instrument ist so tarirt, daß es bis zu einem mit 0 bezeichneten Punkte auf der untern Spindel in Wasser einsinkt, wenn man in das weitere Rohr 2 Cubikcentimeter Wasser gießt. Gesetzt nun, man wolle das Instrument für Stücke bis zum Gewicht von 6 Gramm gebrauchen, so wird in das obere Glasrohr ein Gewicht von 6 Gramm eingebracht, oder es werden dort noch 6 Cubik-Centimeter Wasser zugegossen; das Instrument sinkt dann bis zu einem gewissen Punkte der Spindel ein, den man mit 60 bezeichnet. Hierauf wird die Entfernung zwischen diesem Punkte und dem schon erwähnten Nullpunkte der Spindel in 60 gleiche Theile getheilt, deren jeder dem Gewicht von 0,1 Gramm entspricht. Will man nun das so fertige Instrument anwenden, so füllt man zuerst 2 Cubik-Centimeter Wasser in die obere Röhre, bringt dann den zu prüfenden Körper in dasselbe und setzt das Instrument auf's Wasser. Die Scala an der weiten Röhre giebt dann das Volumen, die Scala an der Spindel aber das Gewicht des Körpers an, und das specifische Gewicht wird durch Division mit dem ersten ins zweite gefunden.

*) Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 218, S. 165.

Das Instrument läßt sich auch zur Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten benutzen.

Durchgang der Gase durch Flüssigkeitslamellen.*)

Draper hat schon vor längerer Zeit die Thatsache constatirt, daß eine Seifenlamelle, welche das eine Ende einer sonst verschlossenen Glasröhre überspannt, sich nach außen wölbt, wenn man dieselbe in einen mit Kohlensäure gefüllten Recipienten bringt. Er schloß daraus, daß die Kohlensäure durch die Seifenblase, wie durch eine poröse Scheidewand, ins Innere der Glasröhre eindringe. Zu demselben Schlusse kam Marianini, welcher mit atmosphärischer Luft gefüllte Seifenblasen in einen Standcylinder fallen ließ, der in seinem untern Theile mit Kohlensäure gefüllt war. Die Blasen fielen bis zur Trennungsfläche von Luft und Kohlensäure, schwammen auf letzterer und vergrößerten nun allmälig ihr Volumen auf das Zwei- und Dreifache, bis sie schließlich platzten, wobei die zerstäubten Flüssigkeitskügelchen nach allen Seiten hin geschleudert wurden, offenbar eine Folge des Ueberdruckes im Innern der Blasen. Dieselben Erscheinungen traten auch ein, wenn die Blasen mit Stickstoff oder Sauerstoff gefüllt waren. Vogel und Reischauer beobachteten, daß der atmosphärische Sauerstoff auf eine reducirte Indigolösung oxydirend wirkt, auch wenn dieselbe mit einer Oelschicht bedeckt ist; doch ist dies eine Wirkung des von der Flüssigkeit absorbirten Gases, keine eigentliche Diffusionserscheinung.

Es hat nun Dr. Franz Exner in Wien die Diffusion der Gase durch Flüssigkeitslamellen näher untersucht und zunächst den Unterschied der Gasdiffusion durch flüssige Scheidewände von denen durch feste poröse Substanzen festzustellen versucht.

Daß die von Draper und Marianini beobachteten Erscheinungen in der That einer Diffusion des Gases durch die Flüssigkeitslamelle ihren Ursprung verdanken, kann man durch wirkliche manometrische Messung des Ueberdrucks auf folgende Art beweisen. Mann verschließt die Mündung eines Glastrichters von 3 bis 4 Centimeter Oeffnung mit einem Draht-

*) Vergl. Exner's Arbeit in Poggend. Ann. Bd. 155, S. 321 u. 443.

netz, dessen Maschen ungefähr 1 Quadrat-Millimeter messen und taucht diese Mündung in Seifenwasser, worauf sich die Maschen mit kleinen, außerordentlich haltbaren Seifenlamellen überziehen. Verbindet man nun das Ende des Trichters durch einen Kautschukschlauch mit einem Wassermanometer und bringt den Trichter selbst unter eine Glasglocke, in welche Leuchtgas strömt, so blähen sich die Seifenblasen nach außen auf und man kann am Manometer einen Ueberdruck bis zu 1 Centimeter Wasserhöhe im Innern des Glastrichters beobachten; bei größerem Ueberdruck springen die Lamellen. Wenn man den Trichter mit einer einzigen großen Lamelle schließt, so tritt das Platzen schon ein bevor ein meßbarer Ueberdruck vorhanden ist.

Wegen der Unbeständigkeit der Seifenlamellen wurden bei der weiteren Untersuchung nicht Druckänderungen, sondern Volumänderungen bei gleichbleibendem Drucke auf beiden Seiten gemessen. Hierzu diente eine an dem einen Ende offene, 90 Millimeter lange und 7 Millimeter weite Glasröhre, an welcher eine Millimeterscala befestigt und deren anderes Ende durch eine Metallplatte geschlossen war, in welche eine feine Thermometerröhre eingekittet war, die aber nicht in die Glasröhre hineinragte. An der Thermometerröhre saß luftdicht ein Kautschukschlauch, der dicht an der ersteren durch einen Quetschhahn geschlossen werden konnte.

Zur Anstellung eines Versuches befeuchtet man die Innenseite des Glasröhre mit Seifenlösung und überzieht das offene Ende durch Eintauchen in solche mit einer Lamelle, die man dann durch Saugen am Kautschukrohr, bei geöffnetem Quetschhahn, weiter in das Innere der Röhre zieht, worauf der Hahn geschlossen wird. Läßt man nun in die Röhre mit eingezogener Lamelle, hinter der ein abgeschlossener Raum mit Luft sich befindet, vom offenen Ende aus ein anderes Gas eintreten, indem man bei schwereren Gasen als Luft das Glasrohr unter die Austrittsöffnung dieses Gases bringt, bei leichteren darüber, so beobachtet man eine Standveränderung der Lamelle, die eine Zeit lang anhält, bis sie endlich zur Ruhe kommt. Das Verhältniß zwischen dem ursprünglichen und dem neuen abgesperrten Volumen ist dann zugleich

das Verhältniß zwischen den Diffusionsgeschwindigkeiten der Luft und des andern Gases.

Die Seifenlösung wurde bereitet durch Auflösung von einem Gewichtstheil in Späne geschnittener Marseiller Seife in 60 bis 80 Theilen kalten destillirten Wassers; im Laufe von $1^1/_2$ bis 2 Stunden wurden die noch nicht gelösten Bestandtheile entfernt, dann blieb die Lösung in einem Standcylinder noch 3 bis 4 Tage ruhig stehen, worauf sich noch kleinere Rückstände absetzten und die klare Flüssigkeit mittels eines Hebers abgeschieden werden konnte.

Auf diese Weise erhielt man für das Verhältniß α der Diffusionsgeschwindigkeiten von verschiedenen Gasen und atmosphärischer Luft folgende Werthe:

Leuchtgas	$\alpha = 2,27$ bei 18° C.	Sauerstoff	$\alpha = 1,95$ bei 15° C.
Wasserstoff	$\alpha = 3,77$ „ 15 „	Stickstoff	$\alpha = 0,86$ „ 15 „

Es werden also 2,27 Volumina Leuchtgas gegen 1 Volumen atmosphärischer Luft durch die Lamelle ausgetauscht.

Mit Kohlensäure und Schwefelwasserstoff lassen sich die Versuche auf diese Weise nicht anstellen; die Lamelle zerreißt dann, ehe sie zur Ruhe kommt, weil diese Gase sie zersetzen. Exner verfuhr dann so, daß er in eine flache Schale, die ungefähr 5 Millimeter hoch mit Seifenlösung bedeckt war, das Gas einleitete, wodurch auf der Oberfläche Seifenblasen entstanden, die rasch kleiner wurden, bis sie sich bei einem sehr kleinen Volumen constant erhielten. Der Durchmesser wurde an einem auf dem Boden der Schaale liegenden Maßstabe gemessen. Diese Methode ist allerdings weniger genau als die vorige; sie ergab für

Kohlensäure $\alpha = 47,1$ bei 15° C. und für
Schwefelwasserstoff $\alpha = 165$ „ 16 „

Erstere Zahl ist das Mittel aus 15 Versuchen, deren Ergebnisse zwischen 41,4 und 52,7 schwanken, letztere ist aus 12 Versuchen abgeleitet, deren Resultate von 152 bis 186 variiren.

Als der Versuch mit Ammoniakgas in dem Diffusionsrohre gemacht wurde, zerriß die Seifenlamelle unter momentanem Aufblähen sofort, ein Zeichen plötzlicher Drucksteigerung in Folge äußerst raschen Durchganges des Gases durch die Lamelle. Die Blasen, die dann nach dem anderen Verfahren

erregt wurden, zogen sich in Zeit von 1/2 bis 1 Secunde auf ein Minimum zusammen. Doch gelang es bei einigen Versuchen übereinstimmende Messungen der Durchmesser zu erhalten, die 18 Millim. als Anfangs- und 0,5 Millim. als Endwerth ergaben, woraus der außerordentlich große Werth für

Ammoniak $\alpha = 46000$ bei 17° C.

folgt.

Zur Controle dieser Versuche wurden noch im Diffusionsrohre Versuche angestellt mit

Sauerstoff und Leuchtgas, Wasserstoff und Leuchtgas, Wasserstoff und Stickstoff,

wobei sich für das Verhältniß der Geschwindigkeiten der Diffusion die Werthe

0,83 : 1	1,62 : 1	4,12 : 1

ergeben, während man aus den früheren Ergebnissen

0,86 : 1	1,65 : 1	4,38 : 1

berechnet.

Exner hat auch die absolute Geschwindigkeit ermittelt, mit welcher einige Gase die Lamelle durchdringen. Zu dem Ende wurde das geschlossene Ende der Diffusionsröhre mittels des Kautschukrohres bei geöffnetem Quetschhahn mit einem größeren, mit Luft gefüllten Gefäße in Verbindung gesetzt, so daß das abgeschlossene Luftquantum ein sehr großes war. Diese Luft wurde dann durch ein eindringendes Gas anfangs nicht wesentlich verunreinigt, die Geschwindigkeit der Lamelle blieb einige Zeit hindurch constant und konnte bequem beobachtet werden. Daraus und aus den früher bestimmten Werthen von α ließ sich dann die Geschwindigkeit des Durchganges für die einzelnen Gase berechnen. Es ergab sich so, daß in einer Minute

bei der Diffusion von Leuchtgas gegen Luft 1,46 Cubik-Centimeter Leuchtgas und 0,64 Cubik-Centimeter Luft und

bei der Diffusion von Wasserstoff gegen Luft 1,88 Cubik-Centimeter Wasserstoff und 0,50 Cubik-Centimer Luft gleichzeitig durch 1 Quadrat-Centimeter der Lamelle gingen.

Aus den gewonnenen Resultaten ergiebt sich, daß die Diffusion durch Flüssigkeitslamellen ein von der Diffusion durch poröse Körper ganz verschiedener Vorgang ist; denn bei

letzterer ist das specifische Gewicht der Gase das entscheidende Moment, ohne daß sich, wie Bunsen gezeigt hat, eine Wechselwirkung zwischen Gas und diffundirter Wand nachweisen läßt. Dagegen erklären sich die Diffusionserscheinungen der Gase bei einer flüssigen Scheidewand aus einer doppelten Ursache: erstens findet eine Aufnahme und Wiederabgabe der Gase seitens der Lamelle statt, deren Betrag sich nach dem Absorptionscoëfficenten C richtet, so daß die Größe α proportional C ist; und zweitens tritt ein Gasaustausch durch die Flüssigkeitswand ein, wie er von der Theorie für eine poröse Scheidewand von verschwindend geringer Dicke gefordert wird. Da bei diesem die ausgetauschten Volumina sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Dichten der beiden Gase verhalten, so ist α proportional dem Quotienten aus dem Absorptionscoëfficienten (d. h. der Anzahl Gasvolumen, die ein Volumen Seifenlösung absorbirt) dividirt durch die Quadratwurzel aus der Dichte δ des Gases, welches gegen atmosphärische Luft diffundirt. Die folgende Tabelle zeigt die leidliche Uebereinstimmung dieser Theorie mit der Erfahrung.

	Absorptions-Coëff. C	Dichte δ	$\frac{C}{\sqrt{\delta}}$	Werth von α	
				beob.	berechn.
Stickstoff	0,015	0,97	0,0153	0,86	0,85
Luft	0,017	1,00	0,017	—	1,00
Sauerstoff	0,030	1,106	0,0285	1,95	1,60
Leuchtgas	0,025	0,480	0,036	2,27	2,12
Wasserstoff	0,019	0,070	0,072	3,77	3,89
Kohlensäure	1,002	1,52	0,812	47,1	45,1
Schwefelwasserstoff . .	3,365	1,17	2,94	165	163,3
Ammoniak	700	0,59	903,0	46000	54450

Die Absorptions-Coëfficienten sind die von Bunsen für Wasser angegebenen. Da die Seifenlösung sehr verdünnt war, so schien es gestattet, diese Werthe statt der richtigen, für Seifenlösung, zu nehmen. Der Coëfficient für Leuchtgas und ebenso die Dichte desselben wurde besonders ermittelt, letztere durch Bestimmung der Wellenlänge eines Tones.

Die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung

ist am geringsten beim Sauerstoff, ohne daß es gelungen ist, den Grund aufzufinden.

Auch bei Platin, Palladium und Eisen scheint zwischen der Absorption eines Gases und seinem Durchgange ein ähnlicher Zusammenhang stattzufinden, wie bei Flüssigkeitslamellen. Nach Graham absorbiren nämlich diese Metalle bei gewöhnlicher Temperatur keinen Wasserstoff, außer im status nascendi, und sind auch nicht durchgänglich für ihn, während sie in der Glühhitze beide Eigenschaften haben. Ferner fand Graham, daß von einem Gemisch aus gleichen Theilen Kohlensäure und Wasserstoff, welches durch eine glühende Palladiumröhre geleitet wurde, die Kohlensäure, die nicht vom Palladium absorbirt wird, auch nicht diffundirte.

Ueber den Durchgang verschiedener Gase durch Kautschuk hat Dr. Sigmund von Wroblewski, erster Assistent am physikalischen Institute der Universität Straßburg, eine Arbeit veröffentlicht,*) in welcher er vorzugsweise den Einfluß des Druckes untersucht, unter dem die Gase auf beiden Seiten der sie trennenden Membran stehen. Er wandte bei seinen Untersuchungen eine Kautschukmembran von 0,0034 Centim. Dicke an, die sich für atmosphärische Luft fast völlig undurchlässig zeigte. Die Quantität Kohlensäure, welche in einer bestimmten Zeit durch diese Membran ging, ergab sich proportional dem Drucke der Kohlensäure, war aber unabhängig von dem Drucke der atmosphärischen Luft auf der anderen Seite, vorausgesetzt, daß dieselbe frei von Kohlensäure war. Zur Diffusion eines gleich großen Volumens Wasserstoff ist eine 3,6 mal so große Zeit erforderlich. Bei einem Gemisch von Kohlensäure und Wasserstoff erfolgt die Diffusion so, als wenn jedes Gas selbstständig für sich, entsprechend dem auf ihm lastenden Drucke, diffundirte.

Reibung gasförmiger Körper.

Nach der dynamischen Gastheorie bewegen sich die Gasmoleküle mit großen Geschwindigkeiten geradlinig nach allen Seiten im Raume und prallen beim Zusammenstoße wie

*) Ueber die Diffusion der Gase durch absorbirende Substanzen. Habilitationsschrift. Straßburg, 1876.

elastische Kugeln von einander ab, üben aber weder anziehende noch abstoßende Wirkung auf einander. Maxwell, O. E. Meyer, V. von Lang und Stefan*) haben auf Grund dieser Hypothese Formeln für den Reibungs-Coëfficienten abgeleitet, indem sie die innere Reibung in Gasen als eine Uebertragung von Bewegungsgrößen der Moleküle in den schneller bewegten Schichten an die in den langsamer bewegten auffaßten. Betrachtet man den Moleküldurchmesser als nicht abhängig von der Temperatur, so ist diesen Formeln zufolge der Reibungs-Coëfficient unabhängig vom Drucke, unter dem das Gas steht, und proportional der Quadratwurzel aus der absoluten Temperatur.

Maxwell hat die Abhängigkeit des Reibungs-Coëfficienten vom Drucke und von der Temperatur aus der Verzögerung zu ermitteln versucht, welche horizontale, an einem Drahte aufgehangene und in Schwingungen versetzte Messingscheiben durch die Luftreibung erleiden. Dabei stellte sich zwar die Unabhängigkeit vom Drucke heraus, der Coëfficient wurde aber proportional der ersten Potenz der absoluten Temperatur gefunden. Um dieses Ergebniß theoretisch zu erklären, sah sich Maxwell zur Annahme der Hypothese genöthigt, daß die Moleküle als materielle Punkte anzusehen seien, die sich rasch nach allen Richtungen des Raumes bewegen und sich gegenseitig umgekehrt proportional der fünften Potenz ihrer Entfernung abstoßen. Zwar widerspricht diese Hypothese den Ergebnissen der Versuche von Joule und Thomson über innere Arbeit, es folgt aber aus ihr, daß der Diffusions-Coëfficient der Gase proportional der zweiten Potenz der absoluten Temperatur ist, wie die Versuche von Loschmidt dargethan haben, während nach der ältern Hypothese dieser Coëfficient der $^3/_2$ ten Potenz der absoluten Temperatur proportional sein müßte.

Auch O. E. Meyer hat durch Versuche mit schwingenden Scheiben, sowie mit Luft, die durch Capillarröhren strömt, die Unabhängigkeit des Reibungs-Coëfficienten der Luft vom

*) Bezüglich der Literaturnachweise sehe man die Arbeit von A. v. Obermayer „Ueber die Abhängigkeit der Reibungs-Coëfficienten der atmosphärischen Luft von der Temperatur" in Carl's Repert. der Experim.-Physik XII, S. 13.

Drucke dargethan, er fand denselben aber proportional der $^3/_4$ten Potenz der absoluten Temperatur. J. Puluj endlich fand dafür die $^2/_3$te und später eine noch niedrigere Potenz.

Bezeichnet man die Reibungs-Coëfficienten bei t^0 C. und 0^0 mit μ_t und μ_0 und setzt

$$\mu_t \text{ und } \mu_0 (1 + \beta t),$$

so wurde gefunden für atmosphärische Luft .

von Maxwell aus Schwingungsbeobachtungen zwischen 10,5° und 84° C. . . . . $\beta = 0{,}00365$

von O. E. Meyer aus Schwingungsbeobachtungen zwischen 10° und 82° C. je nach verschiedenen Voraussetzungen bei Berechnung der Beobachtungen $\beta = 0{,}0025$
und $\beta = 0{,}0030$

von demselben aus Strömungsversuchen mit einer Capillarröhre von 79,75 Centim. Länge und 0,0161 Centimeter Halbmesser
zwischen 18° und 36° C. . $\beta = 0{,}0027$
" 20 " 99 " . $\beta = 0{,}0024$
" 21 " 100 " . $\beta = 0{,}0028$

von demselben mit einer Capillarröhre von 86,5 und 65,7 Centim. Länge und 0,00691 Centim. Halbmesser zwischen 20,5° und 100° C. . . . . . $\beta = 0{,}0030$

endlich von J. Puluj mit einer Capillare von 155,76 Centim. Länge und 0,01973 Centim. Halbmesser zwischen 13° und 27° C. . . . . . . $\beta = 0{,}0024$

Als arithmetisches Mittel ergiebt sich aus den Meyer'schen Schwingungsversuchen $\beta = 0{,}00275$, dagegen aus seinen Strömungsbeobachtungen 0,00272, fast genau entsprechend der $^3/_4$ten Potenz der absoluten Temperatur $273^0 + t$.

Die bedeutende Abweichung zwischen den Ergebnissen von Meyer und Maxwell veranlaßte A. von Obermayer zur Anstellung von zwei längeren Versuchsreihen, indem er atmosphärische Luft bei verschiedenen Temperaturen von — 21,5° C. bis zur Siedetemperatur des Wassers durch Capillarröhren strömen ließ, theils unter veränderlichem, theils unter constantem Drucke. Bei der ersten, mit veränderlichem Druck angestellten, weniger genauen Reihe erhielt Obermayer für den Reibungs-Coëfficienten der Luft bei t^0 C. den Werth

$$\mu_t = 0{,}0001706\ (1 + 0{,}002735\, t),$$

die zweite Versuchsreihe aber ergab

$$\mu_t = 0{,}00016747\ (1 + 0{,}002723\, t).$$

Der hier gefundene Werth von $\beta = 0{,}002723$ stimmt so genau mit dem Meyer'schen überein, daß man mit großer Wahrscheinlichkeit den Reibungs-Coëfficienten der Luft proportional der $^3/_4$ten Potenz der absoluten Temperatur setzen darf.

Aus dem Reibungs-Coëfficienten für 0°, $\mu_0 = 0{,}0001675$, läßt sich unter Zugrundelegung des Maxwell'schen Vertheilungsgesetzes der Geschwindigkeiten der Gasmoleküle die mittlere Weglänge λ eines Luftmoleküles mittels der von Stefan gegebenen Formel

$$\lambda = \frac{8\,\mu}{\pi\,\varrho\,v}$$

berechnen, in welcher $\varrho = 0{,}001294$ und $v = 44700$ Centimeter die mittlere Geschwindigkeit eines Gasmoleküles ist. Man erhält daraus

$$\lambda = 0{,}00000737 \text{ Centimeter,}$$

während Stefan aus dem von Loschmidt ermittelten Diffusions-Coëfficienten den Werth 0,0000071 und aus dem Maxwell'schen Werthe der Reibungs-Coëfficienten $\mu = 0{,}0001878$ den erheblich größeren Werth 0,00000827 berechnet hat.

In einer Mittheilung an die Wiener Akademie*) hat v. Obermayer noch einige weitere, auf andere Gase bezügliche Resultate seiner Untersuchungen mitgetheilt. Setzt man den Reibungs-Coëfficienten bei t° C.

$$\mu_t = \mu_0\,(1 + \alpha\,t)^n,$$

wo $\alpha = 0{,}003665$ (nahezu $= {}^1/_{273}$) der Ausdehnungs-Coëfficient der Luft ist, so findet er für

atmosphärische Luft . .	n = 0,76
Wasserstoff	n = 0,70
Sauerstoff	n = 0,80
Kohlenoxydgas . . .	n = 0,74
Aethylen	n = 0,96
Stickstoff	n = 0,74
Stickoxydgas	n = 0,93
Kohlensäure	n = 0,93
Aethylchlorid	n = 0,98

Es ist demnach der Reibungs-Coëfficient per-

*) Auszug in Nature XIV, p. 119.

manenter Gase überhaupt ungefähr proportional der $3/4$ten Potenz der absoluten Temperatur, derjenige der coërcibeln Gase nahezu proportional der ersten Potenz der absoluten Temperatur $273^0 + t$.

Einen anderen Zweck als die Obermayer'schen Arbeiten, welche die Abhängigkeit der Coëfficienten μ von der Temperatur darthun sollen, haben A. Kundt und E. Warburg in Straßburg bei ihren sehr umfangreichen Versuchen über die Reibung der Gase*) verfolgt. Während nämlich die dynamische Molekulartheorie der Gase, wie sie bisher bearbeitet worden, gebunden ist an die Voraussetzung, daß die mittlere Weglänge der Moleküle eine gegen die linearen Dimensionen des von dem Gase erfüllten Raumes zu vernachlässigende Größe ist, oder, was auf dasselbe hinaus kommt, daß die Dichtigkeit des Gases nicht zu klein wird, haben die genannten beiden Gelehrten die Eigenschaften der Gase gerade über die durch diese Voraussetzung gezogenen Grenzen hinaus zu verfolgen gesucht.

Zunächst untersuchen sie theoretisch die Reibung einer Gasmasse, die zwischen zwei festen, ebenen, parallelen Wänden eingeschlossen ist, von denen die eine ruht, die andere aber mit constanter Geschwindigkeit in ihrer Ebene bewegt wird. Dabei unterscheiden sie zwei Fälle, jenachdem die Dicke der reibenden Gasschicht größer oder kleiner als das 14fache der mittleren Weglänge der Gase ist. Im ersten Falle ist die gewöhnliche hydrodynamische Theorie anwendbar, wenn man in dieselbe einführt, daß Gleitung des Gases an der Wand stattfindet und daß der Gleitungs-Coëfficient ν das $k$fache der mittleren Weglänge der Gasmoleküle ist. Als Minimalwerth von k erhalten sie 0,70, während die Versuche bei 15 bis 20°C. ihn etwa doppelt so groß ergeben. Wegen seiner Kleinheit bei mäßigen Graden der Verdünnung ist dieser Coëfficient früheren Beobachtern entgangen. Im zweiten Falle ist eine Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung nicht möglich. Die Gesetze der Reibung sind hier ziemlich complicirt, und die Begriffe des Reibungs- und Gleitungs-

*) Poggend. Ann. Bd. 155, S. 337, 525.

Coëfficienten verlieren ihre Bedeutung; erst wenn die mittlere Weglänge der Moleküle sehr groß wird im Verhältniß zur Dicke der reibenden Gasschicht, treten wieder einfache Gesetze auf, die aber von den gewöhnlichen durchaus verschieden sind.

Die Versuche wurden im Wesentlichen nach der von Maxwell angewandten Methode angestellt, indem die Abnahme der Schwingungsbögen einer Scheibe aus Spiegelglas beobachtet wurde, welche zwischen zwei ihr hinreichend nahen Scheiben drehende Bewegungen ausführte. Die hauptsächlichste experimentelle Schwierigkeit bestand in der Herstellung eines hinlänglich reinen Gasvolumens unter sehr kleinem Drucke. Verschlüsse und Verbindungen mit Kautschuk sind immer durchlässig, wie besonders gut durch die Abkühlungsgeschwindigkeit eines Thermometers in dem betreffenden Raume nachweisbar war. Erst als alle Verbindungen mit Gas hergestellt worden waren, verschwanden die mannigfaltigen Unregelmäßigkeiten, welche sich vorher bei Abkühlungsversuchen ergeben hatten. Bei der Construction des Apparates, dessen nähere Beschreibung hier nicht Platz finden kann, war besonders darauf gesehen worden, alle anderen dämpfenden Momente außer demjenigen, welches sich aus der Bewegung der Luft zwischen der festen und der schwingenden Scheibe ergiebt, so klein zu machen, daß man sie vernachlässigen konnte. Dies gelang auch soweit, daß der durch diese Vernachlässigung entstandene Fehler meist nicht ein Procent erreichte.

Es wurden drei Gase zu den Versuchen benutzt: atmosphärische Luft aus dem Zimmer und nicht von ihrer Kohlensäure befreit, Wasserstoff aus reiner verdünnter Schwefelsäure mittels reinen Zinkes hergestellt, und Kohlensäure, aus reinem doppeltkohlensaurem Natron mit reiner verdünnter Schwefelsäure entwickelt. Die Gase wurden sorgfältig getrocknet und unter hohem Druck sehr langsam durch die Trockenröhren in den vorher mittels einer Quecksilberluftpumpe vacuirten Reibungsapparat eingelassen. Diese Operation wurde 40- bis 50mal wiederholt, damit alle Spuren fremden Gases und Feuchtigkeit vertrieben würden.

Es ergab sich nun als Mittel aus je drei Bestimmungen der Reibungs-Coëfficient bei 15° C. und einem Drucke von 750 und 380 Millim. für

atmosphärische Luft = 0,000189
Wasserstoff = 0,0000923
Kohlensäure = 0,000152

Der für atmosphärische Luft gefundene Werth ist etwas größer als der oben angegebene von Obermayer.

Setzt man den Reibungs-Coëfficienten der Luft = 1, so findet man für Wasserstoff 0,488 und für Kohlensäure 0,806; Graham hat aus Transspirationsversuchen die damit gut stimmenden Werthe 0,486 und 0,807 abgeleitet.

Da bei den Versuchen mit sehr verdünnten Gasen der nie völlig zu entfernende Wasserdampf eine nicht unwesentliche Rolle spielte, so haben Kundt und Warburg auch den Reibungs-Coëfficienten desselben bestimmt, zu welchem Zwecke sie den ausgepumpten Reibungsapparat mit einem mit Wasser gefüllten Kölbchen in Verbindung setzten. Es ergab sich dabei für 15° C. der Reibungs-Coëfficient

des Wasserdampfes = 0,0000975

und also relativ gegen Luft = 1 der Werth 0,5256. Darin liegt die Bestätigung der Wahrnehmung von Maxwell und Meyer, daß feuchte Luft einen etwas kleineren Reibungsindex hat, als trockene.

Weitere Versuche, welche bei Drucken unter 20 Millim. Quecksilbersäule angestellt wurden, dienten zur Prüfung und Bestätigung des oben angegebenen Gesetzes der Gleitung. Als Werth des absoluten Gleitungs-Coefficienten der Luft unter Atmosphärendruck bei 15 bis 20° C. ergab sich in runder Zahl 0,0001 Millim. Da dieser Coëfficient der mittleren Weglänge der Moleküle und diese der Dichtigkeit des Gases proportional ist, so ist er innerhalb der Grenzen der Gültigkeit des Mariotte'schen Gesetzes umgekehrt proportional dem Drucke.

Aus all diesen Versuchen ist zugleich die Unabhängigkeit des Reibungs-Coëfficienten der Gase vom Drucke bewiesen innerhalb der Grenzen 750 Millim. bis 1 Millim. Quecksilberdruck.

Bei den Versuchen, die Gesetze der Gasreibung festzustellen bei Graden der Verdünnung, für welche die mittlere Weglänge größer ist als 1/14 der Dicke der Gasschicht, gelang es selbst beim sorgfältigsten Trocknen nicht, den Wasserdampf, welcher bei den anzuwendenden kleinen Drucken die Resultate

entstellte, hinreichend zu entfernen. Wenn ein Vacuum, d. h. ein mit Gas von einigen Hundertel-Millimeter Druck erfüllter Raum, hergestellt war und man überließ den gegen die äußere Atmosphäre abgeschlossenen Apparat sich selbst, so stieg immer das dämpfende Moment erheblich, ohne Zweifel, wenigstens theilweise, eine Folge der Verdampfung von Wasser, welches vorher an den Wänden des Apparates condensirt war. Es war deshalb, wie schon Eingangs erwähnt, eine Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung nicht möglich. Kundt und Warburg haben sich deshalb darauf beschränkt, zu untersuchen, wie weit sie mittels der Quecksilberluftpumpe die Gasreibung in ihrem Apparate herabdrücken konnten. Bei einer Beobachtungsreihe mit atmosphärischer Luft gelang es, dieselbe auf weniger als 1/2 des vollen Werthes zu reduciren, bei einer anderen Reihe kam man auf 3/8; in Zeit von 36 Stunden nahm aber in letzterem Falle die Reibung zu im Verhältnisse von 3 : 4. Bei Wasserstoff ging die Reduction bis unter 1/3 des für vollen Druck erhaltenen Werthes. Daß die Reibung in dem besten Wasserstoffvacuum sich kleiner ergab, als in dem besten Luftvacuum, dürfte zum Theil darauf beruhen, daß man durch wiederholtes Füllen und Evacuiren eines Raumes mit trocknem Wasserstoff diesen Raum trockener erhält, als wenn man mit Luft operirt. Diese letzteren Versuche haben auch deshalb Interesse, weil sie zeigen, wie verhältnißmäßig große Quanta von Bewegungsgröße durch Spuren gasiger Materie in der Zeiteinheit transportirt werden können.

Anwendungen der comprimirten Luft.

Trotz der bedeutenden Kosten, welche die Gewinnung großer Mengen comprimirter Luft verursacht, wird dieselbe heutzutage sehr vielfach in Bergwerken benutzt, nicht nur zum Betriebe von Bohrmaschinen, sondern auch für Fördermaschinen, Aufzüge, Wasserhebemaschinen &c., wo directer Betrieb mit Dampf oder Seil- und Kettentransmission entweder gar nicht oder nur schwierig möglich wäre. In neuerer Zeit ist man noch weiter gegangen und hat auch zum unterirdischen Horizontaltransport Locomotiven zu verwenden angefangen,

die nicht mit Dampf, sondern mit comprimirter Luft gespeist werden.

In großartigem Maßstabe findet die comprimirte Luft gegenwärtig Verwendung beim Bau des St. Gotthard-Tunnels. Dieser Tunnel, welcher durch den Gebirgsstock des St. Gotthard zwischen Göschenen im Thal der Reuß und Airolo im Livinerthale hindurchgeht, ist für eine zweigeleisige Eisenbahn bestimmt und erhält eine Länge von 14900 Metern;*) der Tunnel wird geradlinig, bis auf eine 145 Meter lange Curve am südlichen Ende, deren Radius 300 Meter beträgt. Um aber beim Bau die Richtung sicherer einhalten zu können, erhält er auf der Südseite eine geradlinige Verlängerung durch einen Richtstollen von 165 Meter Länge, nach dem Thale des Ticino hin, so daß die ganze Länge des geradlinigen Tunnels 14920 Meter beträgt. Die beiden Endstationen Göschenen und Airolo sind 15037 Meter von einander entfernt; jene liegt 1109 Meter überm Meere und 25 Meter vor der nördlichen Tunnelmündung, diese dagegen 1145 Meter überm Meere und in 112 Meter Entfernung vom Südende des Tunnels. Der Tunnel fällt nach beiden Seiten hin ab. Die höchste, 180 Meter lange Strecke in der Mitte, hat eine Meereshöhe von 1152,40 Meter; von hier aus beträgt der Fall auf der 7457 Meter langen nördlichen Hälfte 5,82, auf der 7400 Meter langen südlichen Strecke aber blos 1 pro Mille. Letztere Neigung genügt gerade zur Abführung des auf der Südseite reichlich eindringenden Wassers.

Die Dimensionen des Tunnels werden dieselben wie beim Tunnel des Mont Cenis oder Mont Fréjus, nämlich 6 Meter Höhe vom Niveau der Schienenköpfe bis zum Scheitel, 7,60 Meter Weite in der Höhe der Schienenköpfe und 8 Meter Weite in der Höhe von 2 Metern. Je nach der Beschaffenheit des Gesteines wird der Querschnitt etwas abgeändert; von dieser Beschaffenheit hängt es auch ab, ob man die betreffende Strecke ohne alle innere Bekleidung läßt oder mehr oder weniger mit Mauerwerk auskleidet. Auf der Süd-

*) Rapport du Conseil fédéral suisse aux gouvernements qui ont participé à la subvention de la ligne du St. Gothard sur l'état actuel de l'entreprise. Ire année. Berne 1874, p. 9.

seite soll durchweg Mauerwerk angebracht werden, zum Theil auch auf der Sohle, jedenfalls aber oben und an den Seiten, weil hier das Gestein weniger fest ist.

Was die Beschaffenheit des Gesteins anlangt, durch welches der Tunnel zu treiben ist, so haben hierüber noch vor Beginn der Arbeiten zwei Fachmänner, nämlich Prof. F. Giordano, Inspector des kgl. italienischen Bergcorps in Florenz, und Prof. K. von Fritsch, früher in Frankfurt a. M., jetzt in Halle, Gutachten abgegeben, die so genau übereinstimmen, als man es erwarten kann, wenn man berücksichtigt, daß die Beobachtungen, auf welche sich diese Gutachten gründen, hoch über der Achse des Tunnels angestellt worden sind und daß die Formationen öfters durch Zwischenlager unterbrochen werden.

Nach Giordano folgen sich die Gesteinsarten im Tunnel von Nord nach Süd in nachstehender Weise:*)

	Meter
Mehr oder weniger gleichförmiger Gneißgranit . .	2200
mehr oder weniger schiefriger Gneiß mit fast verticaler Schichtung	350
krystallinischer Kalkglimmer	130
Glimmerschiefer, in Gneiß übergehend mit schwärzlichen Schiefern	870
glimmerreicher Gneiß, in Glimmerschiefer übergehend, mit einigen kleinen Zonen von Amphibol .	6310
schiefriger Gneiß mit oft bedeutenden Quarzeinschlüssen	1680
mehr oder weniger amphibolischer Glimmerschiefer .	2910
Glimmerschiefer, in Gneiß übergehend, reich an Granaten und Quarzadern	620
	15070

Nach K. v. Fritsch dagegen ist die Structur folgende:

	Meter
Mehr oder weniger gleichförmiger Gneißgranit . .	2200
mehr oder weniger schiefriger Gneiß	450
krystallinischer Kalk, z. Th. grauer Marmor . . .	350
chloritischer Glimmerschiefer, in Gneiß übergehend .	1300
glimmerreicher Gneiß, in Glimmerschiefer übergehend	6600
mehr oder weniger amphibolischer Glimmerschiefer .	1600
mehr oder minder schiefriger Gneiß	270
Latus	12770

*) Rapport trimestriel Nr. 3 du Cons. féd. suisse aux gouvernements qui ont participé à la subvention de la ligne du St. Gothard sur la marche de cette entreprise. Berne, 1873, p. 7.

	Meter
Transport	12770
Glimmerschiefer, reich an Granaten und Quarzadern	800
amphibolischer Schiefer und Topfstein (Talkschiefer), oft dioritisch und serpentinartig	1250
Cargneule (zelliger Kalkstein), Dolomit, Gyps und Anhydrit	100
	14920

Auf Grund dieser Gutachten konnte man erwarten, im St. Gotthard-Tunnel nicht so großen Schwierigkeiten zu begegnen, wie bei der Durchbohrung der mächtigen Quarzmassen im Mont Fréjus und daher auch hoffen, den ganzen Bau, trotz der größeren Länge des Tunnels mit Benutzung der dort gesammelten Erfahrungen und verbesserter Maschinen in kürzerer Zeit zu vollenden.

Der Bau des Tunnels wurde dem Bauunternehmer L. Favre in Genf übertragen, welcher bedeutend günstigere Bedingungen stellte, als seine Concurrenten. Derselbe hat eine Caution von 8 Millionen Franken hinterlegt und will den Tunnel in 8, höchstens 9 Jahren vollenden. Ist derselbe nach 8 Jahren nicht fertig, so ist in der ersten Hälfte des neunten Jahres täglich eine Conventional-Strafe von 5000 Fr., in der zweiten Hälfte aber eine solche von 10000 Fr. täglich bis zur Vollendung zu zahlen; nach 9 Jahren verfällt die ganze Caution. Für den laufenden Meter Tunnellänge ohne Mauerwerk erhält Favre 2800 Fr., für den Meter Richtstollen in der Verlängerung auf der Südseite 1500 Fr. Auch wenn es nöthig werden sollte ungefähr die Hälfte des Tunnels auszumauern, hofft man doch, daß die Fertigstellung des Ganzen, ohne Schwellen und Schienen der definitiven Bahn, nicht mehr als 50 Millionen Frank kosten wird.

Die Società italiana dei lavori publici in Turin, mit Grattoni, dem Ingenieur des Mont Cenis-Tunnels an ihrer Spitze, glaubte nicht unter 9 Jahren fertig zu werden, wollte auch den Verfall der Caution erst nach 11 Jahren zugestehen. Auch war der Anschlag, vollständige Ausmauerung vorausgesetzt, 66 Mill. Fr. (das Mauerwerk allein 9 Mill. Fr.).

Wenn man die Favre'schen Bedingungen vergleicht mit den Verhältnissen beim Mont Cenis-Tunnel (12233 Meter) oder beim Hoosac-Tunnel, dem größten Tunnel in den Ver-

einigten Staaten (7630 Meter, vergl. dieses Jahrb. IX, S. 215), so findet man, daß die Arbeiten am Gotthard doppelt so rasch vorrücken müssen, als beim Mont Cenis und daß die Kosten für den laufenden Meter nur etwa 2/3 von denen am Mont Cenis und die Hälfte von den beim Hoosac-Tunnel (6100 Fr.) aufgewandten betragen.

Als berathenden Ingenieur hat Favre den Genfer Physiker Prof. Dan. Colladon zugezogen, dessen Verdienste um die Verwendung comprimirter Luft als bewegende Kraft schon früher in diesem Jahrb. (VII, S. 199) Erwähnung gefunden haben.

Die Tunnelarbeiten begannen mit dem Treiben eines Richtstollens, von ungefähr 6 Quadratmetern Querschnitt, der zunächst mit Handarbeit in Angriff genommen wurde, und zwar auf der Südseite am 13. September, auf der Nordseite am 24. October 1872. In dieser Weise ging man auf der Nordseite 87,2 Meter vor, worauf am 4. April 1873 die Bohrung mit Maschine begann; auf der Seite von Airolo fing man mit dieser erst am 1. Juli 1873 an, nachdem man 229,2 Meter Richtstollen vollendet hatte. Bis Schluß des Jahres 1875 betrugen die Fortschritte des Richtstollens*)

im Jahre	auf der Nordseite	auf der Südseite	zusammen
1872 .	18,9 Meter	101,7 Meter	120,6 Meter
1873 .	581,3 „	494,3 „	1075,6 „
1874 .	1037,1 „	747,4 „	1784,5 „
1875 .	1173,5 „	1255,6 „	2429,1 „

Die ganze Länge des Richtstollens betrug daher Ende 1875

auf der Nordseite	auf der Südseite	zusammen
2810,8 Meter	2599,0 Meter	5409,8 Meter

Das Maximum des täglichen Fortschreitens betrug auf der Nordseite 6,5 Meter (August 1875), auf der Südseite aber 6,6 Meter (April 1875).

Beim Bau des Mont Cenis-Tunnels wurde der Richtstollen unten, auf der Sohle angebracht; der Unternehmer des Gotthardtunnels hat es aber vorgezogen, denselben nach belgischer Weise oben, an der Firste des Tunnels zu treiben, sodaß gleich für den höchsten Theil des Gewölbes Platz gewonnen wird. Weiter zurück wird dann das Gestein (die Calotte) links

*) Rapport trimestriel Nr. 12, Annexe II.

und rechts vom Richtstollen weggenommen, und dadurch Raum für das Gewölbe geschaffen. Die Erweiterung erfolgt nun ferner so, daß in der Mitte eine Art Graben von etwa 3 Meter Breite, der Strossengraben, hergestellt wird, der bis auf die Sohle reicht, so daß nur noch zu beiden Seiten Gesteinswände, Seitenstöße, stehen bleiben, die später abgebrochen werden, worauf die Widerlager für das schon früher vollendete Gewölbe gebaut werden. Der Stand dieser verschiedenen Arbeiten war am Schlusse des Jahres 1875 folgender:

	auf der Nordseite		auf der Südseite	
Erweiterungsarbeiten oben . .	1480,8	Meter	1145,0	Meter
Strossengraben	1378,9	"	841,0	"
vollständige Erweiterung . . .	693,8	"	530,0	"
Mauerung des Gewölbes . . .	732,8	"	830,0	"
" des östlichen Wiederlagers	469,0	"	102,0	"
" " westlichen "	459,0	"	730,0	"

Die Bohrarbeiten werden im Wesentlichen wie beim Mont Cenis-Tunnel ausgeführt, nur sind die Bohrmaschinen von Sommeiller, die dort angewandt wurden, zum Theil durch vollkommenere Constructionen ersetzt worden, die wir weiterhin erwähnen werden.

Zum Comprimiren der Luft verwandte man am Mont Cenis sogenannte „nasse Pumpen", bei denen der Kolben eine Wassermasse bewegt, welche ihrerseits die Luft vor sich herdrängt und verdichtet (s. Jahrg. VII dieses Jahrb., S. 216), Obwohl diese Pumpen sich den anfangs auf der italienischen Seite des Mont Cenis angewandten Wassersäul-Compressoren überlegen zeigten, so haben sie doch den großen Nachtheil, daß sie ohne bedeutenden Kraftverlust keine große Geschwindigkeit gestatten. Bei den relativ geringen Wassermengen mit großem Gefälle, die im Gebirge zur Disposition stehen, sind aber rasch rotirende Turbinen die zweckmäßigsten Motoren, die nun wieder bedeutende Uebersetzung nöthig machen. Anfangs hatte man auch beim Baue des Gotthardtunnels auf jeder Seite eine nasse Pumpe aufgestellt, die im Maximum 14 bis 15 Touren in der Minute machte; der Betrieb erfolgte durch Dampf. Sie wurden aber nachher durch

Compressoren nach dem Systeme von Colladon

ersetzt.*) Die Haupteigenthümlichkeit dieser mit großer Geschwindigkeit arbeitenden Pumpen besteht in der Art und Weise, wie durch Circulation von Kühlwasser im Kolben und der Kolbenstange und gleichzeitiges Einspritzen von Wasser die Luft während der Compression abgekühlt wird. Zu dem Zwecke sind Kolben und Kolbenstange hohl und werden von Wasser durchströmt; ebenso circulirt Wasser in einem Mantel, der den Pumpencylinder umhüllt. Alle reibenden Theile werden auf diese Weise gekühlt, wodurch ihrer schnellen Zerstörung vorgebeugt wird. Die Luft wird aber außerdem noch, wie schon erwähnt, während ihrer Verdichtung durch kleine Mengen Wasser gekühlt, welches in Form eines feinen Regens eingepreßt wird. Es sind deshalb in den Cylinderdeckeln Rohrstutzen angebracht, in welche das Einspritzwasser eingepumpt wird; das eingespritzte Wasser soll nicht den tausendsten Theil vom Volumen der comprimirten Luft übersteigen. Um eine Verunreinigung des Cylinders durch das Einspritzwasser und in Folge davon eine rasche Abnutzung zu verhüten, wird das Wasser ehe es zu den Pumpen gelangt zweimal filtrirt, zuerst in einem Sandfilter, dann in einem Filter aus feiner Drahtgaze, welches ohne Unterbrechung des Filtrationsprocesses gereinigt werden kann.

Die Pumpen sind doppeltwirkend. Je drei horizontale Cylinder sind zu einer Gruppe vereinigt, ihre Kolben sind durch Lenkstangen mit einer Kurbelwelle verbunden, die ihnen die Bewegung ertheilt. Jeder Cylinderdeckel hat zwei Saugventile und ein Ausblaseventil, aus welchem die comprimirte Luft in eine Reihe von vier Reservoiren tritt, wo sie das beigemischte Wasser abgesetzt. Die Fläche des Ausblaseventils ist nicht ganz halb so groß als die der beiden Saugventile, welche ungefähr $1/10$ der Kolbenflächen beträgt. Die Pumpen auf der Nord- und Südseite des Tunnels sind zwar alle nach demselben Systeme gebaut, weichen aber in einigen Details und den Dimensionen von einander ab.

Auf der Südseite steht das Wasser der Tremola, welche einige Kilometer vom Hospice des St. Gotthard entfernt

*) Rapport trimestriel Nr. 5, p. 15 mit Abbildungen; Polytechnisches Centralbl. 1875, S. 476.

entspringt, zur Verfügung. Die Leitung dieses Gebirgsbaches zu den Motoren war ziemlich beschwerlich. Das Wasser mußte 437 Meter oberhalb der letzteren aufgefangen und in das Bett eines anderen Baches, des Chiesso, geleitet werden, das weniger häufig durch Lawinen gesperrt wird, als das der Tremola. Es gelang auf diese Weise ein nutzbares Gefälle von 165 Meter zu gewinnen. Als Motoren wurden im Jahre 1873 drei Turbinen von Escher, Wyß und Comp. in Zürich aufgestellt, welche 1,2 Meter äußern Durchmesser und 100 Schaufeln haben. Radteller und Schaufeln sind aus einem Stück aus Bronze gegossen, die am besten dem starken Drucke des Wassers widersteht. Jede Turbine macht bei genügendem Wasserzufluß 135 Touren in der Minute. Die Pumpen, welche von der Société génévoise de construction gebaut sind, haben 46 Centim. Cylinderdurchmesser und 45 Centim. Kolbenhub; die mittlere Kolbengeschwindigkeit beträgt 81 Meter in der Minute. Im November 1873 wurden drei Gruppen solcher Compressoren aufgestellt, zu denen später noch zwei kamen.

Im Laufe der Zeit stellte sich heraus, daß das Wasser der Tremola nicht immer genügte. Man nahm daher zu dem Ticino seine Zuflucht, konnte aber, da man allzu kostspielige Bauten vermeiden wollte, nur 90 Meter Gefälle gewinnen. Um dasselbe auszunutzen, wurden an den verticalen Achsen der früher aufgestellten Turbinen, und zwar oberhalb derselben, Reserveturbinen von 0,75 Meter Durchmesser angebracht. Diese Turbinen, nach Girard'schem Systeme gebaut, zusammen 1000 Pferdestärken, dienen zum Betriebe, wenn die anderen nicht genügendes Wasser mehr haben.*)

Auf der Nordseite, bei Göschenen, sind Turbinen nach Girard'schem Systeme, von B. Roy und Comp. in Vevey construirt, als Motoren verwendet, welche 160 Touren in der Minute machen. Es wird hier das Wasser der Reuß benutzt, dessen Gefälle 85 Meter beträgt. Jede Turbine hat 2,4 Meter äußeren Durchmesser und 80 Schaufeln, sie verbraucht 300 Liter Wasser in der Minute und hat eine effective Leistung von 250 Pferdestärken. Der innere Durchmesser der

*) Rapport trimestriel Nr. 8, p. 10.

Pumpencylinder beträgt 420 Millim., der Kolbenhub 650 Millim., die Anzahl der Hin- und Hergänge des Kolbens in der Minute 80. Jede Gruppe von Compressoren liefert in der Minute 4 Cubikmeter Luft von 7 Atmosphären Druck; doch kann die Spannung auch auf 9 Atmosphären gebracht werden; zu dem Zwecke müssen die 3 Cylinder 42000 Liter atmosphärische Luft aufsaugen. Ende 1873 und Anfang 1874 wurden die ersten drei Gruppen von Compressoren aufgestellt, welche Zahl man später noch vermehrt hat.

Die comprimirte Luft wird aus den Sammelbehältern in gußeisernen Röhren von 0,2 Meter Durchmesser in das Innere des Tunnels bis in den Richtstollen geleitet; zur weiteren Vertheilung dienen engere Röhren und zur Zuführung zu den Bohrmaschinen Kautschukschläuche.

Was nun die Bohrmaschinen selbst anlangt, so war Favre vertragsmäßig zum Ankaufe der Sommeiller'schen Maschinen genöthigt, die beim Bau des Mont Cenistunnels angewandt worden waren und die im VII. Jahrg. dieses Jahrb. (S. 205) beschrieben worden sind.*) Es wurde aber dieses System großentheils verlassen und durch das System von Dubois und François ersetzt, welches zuerst in den Kohlengruben von Marihaye bei Lüttich in Gebrauch kam und dann in anderen belgischen, sowie in französischen und deutschen Kohlenwerken Verbreitung gefunden hat.**). In der Hauptsache sind diese Bohrmaschinen allerdings auch so eingerichtet wie die Sommeiller'schen: in einem Cylinder bewegt sich mit großer Geschwindigkeit ein Kolben, an dessen Stange der meiselähnliche Bohrer sitzt, der bei jedem Vorgange des Kolbens mit großer Kraft gegen die Gesteinswand geschleudert wird; die Bewegung des Kolbens erfolgt durch comprimirte Luft, deren Zutritt durch einen Vertheilungsschieber regulirt wird; beim Rückgange nach jedem Schlage macht der Bohrer eine kleine Drehung, um andere Theile der Bohrlochsohle zu

*) Beschreibung und Abbild. der Sommeiller'schen Maschine neuester Form enthält der Rapport trimestriel Nr. 9, p. 13.

**) Beschreibung und Abbild. nach einer Broschüre des Erfinders giebt Rich. Kühn in den Protokollen des sächs. Ingen.- u. Archit.-Ver. 78. Hauptvers. (Leipzig 1872), S. 74; desgl. Rapport trimestriel Nr. 2, Annexe.

treffen und ein rundes Loch zu bilden. In dem Maße wie das Bohrloch tiefer wird, rückt der Bohrer nach, er kann aber auch nach Bedürfniß rasch zurückgezogen werden. Bei der Sommeiller'schen Maschine wird die Bewegung des Vertheilungsschiebers durch einen besonderen kleinen Motor mit oscillirendem Cylinder besorgt, der ebenfalls durch comprimirte Luft getrieben wird. Dubois und François haben durch eine andere Steuerung diesen kleinen Motor entbehrlich gemacht; zugleich erreichen sie damit einen möglichst raschen und kräftigen Vorstoß des Bohrers gegen das Gestein, während der Rückgang langsamer erfolgt. Es wird auf diese Weise die Wirkung erhöht und doch die Bohrmaschine möglichst geschont. Das Vorrücken des Bohrers nach Maßgabe der Zunahme der Tiefe des Bohrloches erfolgt bei den belgischen Maschinen nicht automatisch, sondern mittels einer zur Cylinderachse parallelen Schraube, die durch ein Handrad bewegt wird. Der Arbeiter hat es so in der Hand, je nach der Beschaffenheit des Gesteins rasch auf einander folgende kurze, oder lang ausgeholte langsamere Schläge zu führen, indem er die Länge des Laufes des Bohrkolbens bis auf 2 Centim. verkürzen und bis auf 18 Centim. verlängern kann.

Die Gesammtlänge einer solchen Maschine ist 2,2 Meter, ihr Gewicht 220 Kilogr.

Bald nachdem die Maschinen von Dubois und François in Gebrauch genommen worden waren, wurden auch Versuche mit einer amerikanischen Bohrmaschine, von Mac Kean, angestellt, die weniger umfangreich und noch kräftiger ist, als die vorige. Bei dieser Maschine erfolgt das Vorrücken des Cylinders mit Hilfe einer parallelen Schraube, die mittels eines Sperrades durch die Hin- und Hergänge des Kolbens gedreht wird. Die Bewegung des Kolbens wird auch zur Steuerung und zur Drehung des Kolbens benutzt.*).

Außer diesen Bohrmaschinen kommt noch ein viertes System beim Gotthardtunnel in Anwendung, das von Ferroux.**) Während seiner Thätigkeit als Vorstand der Werkstätten für die Construction und Erhaltung der Gesteinsbohrmaschinen

*) Dingler's Polytechn. Journal Bd. 206, S. 172.

**) Rapport trimestriel No. 8, p. 15; Polytechn. Centralbl. 1875, S. 230.

am Mont Cenis hatte Ferroux Gelegenheit, verschiedene Systeme solcher Maschinen zu studiren, und bereits 1869 construirte er ein Modell einer Bohrmaschine, bei welcher die zum Vorrücken dienende Schraube durch die Wirkung der comprimirten Luft ersetzt war. Aber erst beim Bau des St. Gotthardtunnels kam diese Art Maschinen zur Verwendung. Ihr Mechanismus ist so eingerichtet, daß, wenn der Bohrer auf eine gewisse Tiefe eingedrungen ist, die ganze Maschine sich um eine gleiche Größe unter dem Drucke eines in einem Cylinder eingeschlossenen Kolbens vorwärts bewegt. Soll der Bohrer aus dem Bohrloche herausgezogen werden, so genügt die Drehung eines Hahnes, um die comprimirte Luft augenblicklich auf die andere Seite des Kolbens treten zu lassen und damit den letzteren zurückzutreiben. Die Bewegung des Vertheilungsschiebers, sowie die Drehung des Kolbens bei jedem Schlage wird durch einen besonderen kleineren Motor bewirkt.

Bei vergleichenden Versuchen, welche im Anfange 1874 mit Bohrern von 35 Millim. Kopfbreite und 5 ½ Atmosphären Luftdruck angestellt wurden, ergab sich in Gneißgranit

mit der Maschine von	Ferroux	ein Vordringen von	4,01 Centim.
" " " "	Mac Kean	" " "	3,50 "
" " " "	Sommeiller	" " "	2,12 "

in der Minute während die Maschinen von Dubois und François unter gleichen Umständen 2,60 Centim. gaben.

Ein noch neueres System von Bohrmaschinen, von Turrettini, Director der Werkstätten der Société génévoise, ist im Herbste 1875 geprüft worden und wird jetzt ebenfalls angewandt. Diese Maschinen sind sehr klein, arbeiten rasch und erscheinen sehr einfach gebaut, da die äußeren Organe meist verschwunden sind. Die vorschreitende Bewegung des Cylinders wird mit großer Regelmäßigkeit durch die Reaction der comprimirten Luft gegen die Cylinderdeckel erzeugt. Auch ist der bei andern Maschinen bisweilen sich einstellende Fehler, daß das Spiel des Vertheilungsschiebers nicht ganz den Schlägen des Bohreisens entspricht und diese schwächt, glücklich vermieden.

Zur Aufstellung der Bohrmaschinen dienen eigene Gestellwagen (Lafetten), auf denen sie einen festen Stand haben. Wie es beim Mont Cenis üblich war, wird auch beim Gotthard jedes Bohrloch während der Bohrung mit Wasser ausgespritzt.

Wenn die Löcher, deren Zahl im Richtstollen einige zwanzig, auch weniger beträgt, auf die gehörige Tiefe von 1,2 bis 2 Meter fertig sind, so wird die Lafette auf den Eisenschienen, welche sie tragen, zurückgeschoben und die Sprengung vorgenommen. Letztere erfolgt mit Dynamit.

Im Richtstollen auf der Nordseite waren im November 1875 vier bis fünf Maschinen von Ferroux auf einem Gestell in Thätigkeit; bei den Erweiterungsarbeiten an der Calotte wurden hier am östlichen Stoße 3 bis 4 Maschinen von Turrettini, am westlichen aber ebensoviele von Ferroux angewandt, außerdem waren noch gegen 440 Arbeiter an verschiedenen Stellen mit dieser Erweiterungsarbeit beschäftigt. Die Strosse wurde in 2 Etagen nachgerissen, in der obern mit 3 und in der untern mit 4 bis 5 Ferroux'schen Maschinen. Die übrigen Erweiterungsarbeiten wurden mit der Hand ausgeführt. Im Ganzen waren auf dieser Seite des Tunnels gegen anderthalbtausend Arbeiter beschäftigt.

Auf der Südseite arbeiteten im Richtstollen 7 Maschinen von Mac Kean auf einem Gerüst; je 3 Maschinen von Dubois und von Mac Kean waren an zwei verschiedenen Stellen mit Erweiterungsarbeiten am westlichen Stoße beschäftigt, während am östlichen Stoße 5 Maschinen beider Systeme dieselbe Arbeit verrichteten. Im Sohlstollen waren 6 Maschinen in Thätigkeit. Die übrigen Arbeiten erfolgten meist mit der Hand. Im Ganzen waren gegen 1300 Arbeiter auf dieser Seite beschäftigt.

Das Gestein war vom Anfang an auf der Südseite weniger fest, als auf der nördlichen; einen großen Uebelstand aber bildete der große Wasserzufluß auf dieser Seite. Beim weiteren Vordringen des Tunnels hat sich dieses Wasserquantum immer mehr vergrößert; während im November 1873 bei einer Tiefe des Stollens von 521 Meter die Menge des in einer Secunde abfließenden Wassers 196 Liter betrug, wuchs dieselbe im Nov. 1874 bei 1250 Meter Tiefe auf 235 Liter und im Nov. 1875 auf 254 Liter. Zur Abführung dieser Wassermassen muß sowohl in der obern Etage als auch auf der Sohle des Tunnels ein Abzugsgraben hergestellt werden.*)

*) Rapport mensuel Nr. 36.

Um einestheils die Schuttmassen aus dem Tunnel fortzuschaffen, anderntheils den darin beschäftigten Maurern und andern Arbeitern das nöthige Material zuführen zu können, sind sowohl in der obern Etage als auch auf der Sohle des Tunnels Schienen gelegt, auf denen die zum Transport dienenden Wagen laufen. Da aber die obern Etagen allmälig, in dem Maße wie der Bau vorschreitet, abgetragen werden, die Wagen also dort nicht bis zur Tunnelmündung fahren können, so ist über der Bahn des Sohlstollens ein hydraulischer Aufzug von Gabert Frères in Lyon aufgestellt,*) der die Wagen von dem untern auf das obere Gleis hebt und umgekehrt. Das Gerüst dieses Aufzuges ist so breit, daß es den Wagen auf den Schienen im Sohlstollen ungehinderten Durchgang gestattet. Im Innern dieses Gerüstes bewegt sich eine Plattform mit zwei Schienen, welche sich sowohl dem obern, wie dem untern Gleise anschließen. An den vier Ecken sind hydraulische Cylinder aufgestellt, in denen sich Kolben von 0,15 Meter Durchmesser bewegen, deren Stangen (0,04 Meter Durchmesser) durch Ketten mit den Ecken der Plattform verbunden sind. Das Wasser für diese Cylinder wird durch ein Paar Accumulatorpumpen geliefert, die durch comprimirte Luft in Thätigkeit gesetzt werden. Bei 60 Touren in der Minute geben dieselben 11,4 Liter Wasser von 30 Atmosphären Druck. Da nun zu einem Aufgange 96 Liter nöthig sind, so würde ein solcher ungefähr 8 1/2 Minute Zeit erfordern; aber man läßt die Pumpe nicht direkt auf die Preßcylinder wirken, sondern hat zwischen beiden einen Accumulator eingeschaltet, der das von der Pumpe gelieferte Wasser ansammelt nnd nach Bedarf an die Preßcylinder abgiebt. Dieser Accumulator besteht aus einem verticalen Cylinder mit einem Kolben, der mit 20000 Kilogr. Bleigewichten belastet ist und selbst 1180 Kilogr. wiegt. Der Accumulator vermag 119 Liter Wasser zu fassen, also mehr als für einen Aufgang nöthig ist. Durch Drehung eines Hahnes läßt man das Wasser in die Druckcylinder treten und bewirkt den Aufgang, durch Drehung eines Hahnes entleert man die Cylinder und läßt die Plattform wieder herab. Man kann auf letzterer eine Last von 4000 Kilogr. heben.

---

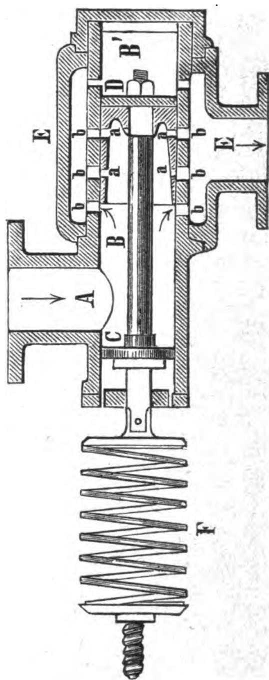
*) Rapport trimestriel Nr. 10, p. 12 mit Abbild.

Zum Ziehen der Lastwagen dienen Locomotiven, die mit comprimirter Luft statt des Dampfes gespeist werden. Anfangs hatte man zwei gewöhnliche Eisenbahnlocomotiven, deren jede aber, da der Dampfkessel nicht geräumig genug zur Aufnahme der Luft war, noch einen 8 Meter langen und 1 1/2 Meter im Durchmesser haltenden cylindrischen Luftbehälter hinter sich herzog, aus dem die Luft erst in den Kessel trat. Die Leistungen dieser Locomotiven waren im Allgemeinen ganz befriedigend. Nach Durchlaufung einer größeren Strecke mußte natürlich der Druck im Kessel bedeutend abnehmen. So betrug in einem Falle der Druck nach der Speisung des Reservoirs etwa 7 Atmosphären; nachdem die Locomotive einen Zug von 12 beladenen Wagen 600 Meter weit gezogen, war er nur noch 4 1/2 Atmosphären, und nach Vollendung der leeren Rückfahrt 2 1/2 Atmosphären. Derartige bedeutende Druckveränderungen sind indessen doch mit beträchtlichen Nachtheilen verbunden. Die Luft muß unter möglichst geringem Druck aus dem Cylinder treten, damit kein zu bedeutender Wärmeverlust eintritt, der immer mit der Ausdehnung verbunden ist. Man arbeitet deshalb mit Expansion, d. h. man läßt die comprimirte Luft nur während eines Theiles des Kolbenhubes unter den Kolben treten, sperrt sie dann ab und läßt den übrigen Theil des Kolbenweges unter dem Drucke der sich ausdehnenden abgesperrten Luft vollenden. Die Steuervorrichtung ist aber blos für einen bestimmten Druck berechnet und wenn daher der Druck während der Arbeit allmälig bedeutend abnimmt, so kann sie nicht mehr vortheilhaft wirken. Andererseits ist es nicht zweckmäßig, hochgespannte Luft in den Vertheilungsapparat eintreten zu lassen, weil dies große Verluste herbeiführt. Man kann aber gleichwohl den Druck der Luft in dem Reservoir selbst nicht reduciren. Dem ist nun abgeholfen worden durch den von Ribourt construirten Regulirungsapparat*). Durch A (Fig. 11) tritt die comprimirte Luft in den mittleren Theil des Cylinders B, der beiderseits durch Kolben C und D abgegrenzt ist, die an einer gemeinsamen Kolbenstange sitzen und durch eine mit einer Schraube zu stellenden Feder F in ihrer Stellung erhalten werden. Die Wand des Cylinders B ist mit Oeffnungen bb

*) Nature XII, p. 490.

versehen, durch welche die Luft in einen weiteren Cylinder E tritt, aus welchem sie dann in einen kleinen Behälter von ungefähr 1/3 Cubikmeter Inhalt gelangt, von dem aus die Cylinder der Maschine gespeist werden. Nun ist klar, daß, wenn die Oeffnungen bb theilweise verdeckt sind, so daß die Luft nicht ungehindert durgehen kann, der Druck in E und dem kleinen Luftbehälter herabsinken muß. Zur Verdeckung der Oeffnungen bb dient aber ein nach B hin offener, auf dem Kolben D sitzender Cylinder c mit Oeffnungen aa in seiner Wandung, die den Oeffnungen bb entsprechen. Jenachdem sich c und D mehr oder weniger weit nach links verschieben, werden also die Oeffnungen bb mehr oder minder verdeckt. Diese Verschiebung geschieht automatisch. Es communicirt nämlich, wie unsere Figur zeigt, das Innere von E mit dem hinteren Raume B′ des Cylinders B; steigt daher der Druck in E, so steigt er auch in B, und da die Kraft der Feder F gleichbleibt, so wird der Kolben D nach links geschoben, wodurch eine theilweise Deckung der Oeffnungen bb und Absperrung der Luft eintritt.

Fig. 11.



Statt der Eisenbahnlocomotiven verwendet man jetzt eigens dazu construirte und mit dem Ribourt'schen Apparate ausgestattete Locomotiven für comprimirte Luft, die keinen Tender haben, sondern statt des Kessels ein Reservoir für 7 Cubikmeter Luft von 14 Atmosphären Druck. Der Ribourt'sche Apparat reducirt diese Spannung auf 4 bis 5 Atmosphären. Das Gewicht einer solchen Locomotive, die in Creusot

gebaut sind, beträgt 7 Tonnen. Zu ihrer Speisung sind an jedem Ende des Tunnels 4 besondere Colladon'sche Compressoren aufgestellt worden.

Es mag hierbei Erwähnung finden, daß in Deutschland die Maschinenbau-Actiengesellschaft „Humboldt" in Kalk bei Deutz a. Rhein Locomotiven zum Betrieb mit comprimirter Luft für Bergwerke baut.*)

Was endlich noch die Ventilation im Innern des Gotthardtunnels anlangt, so strömt aus dem Bohrmaschinen und Locomotiven, sowie aus besonderen Hähnen der Luftleitung eine hinlängliche Menge von reiner Luft aus, wenigstens 3 Cubikmeter in der Secunde. Indessen sammelt sich doch an manchen Stellen, wo der Bau zahlreiche Erweiterungen und Verengungen hat, verdorbene Luft an, und um diese zu entfernen ist an jedem Ende ein Aspirator aufgestellt, von dem das Luftaufsaugungsrohr im obern Theile des Tunnels in das Innere führt. Ein solcher Aspirator besteht aus zwei cylindrischen Blechglocken von 5 Meter Durchmesser, die an den Enden eines Balanciers angebracht sind und sich abwechselnd um 1,5 Meter auf und ab bewegen. Jede dieser Glocken steht über einer festen Glocke von fast gleichem Durchmesser, deren Inneres mit dem Luftaufsaugungsrohre communicirt. Die feste Glocke selbst steht wieder in einem Cylinder und es ist der Zwischenraum zwischen der Wand desselben und der festen Glocke mit Wasser erfüllt, welchem, um das Gefrieren zu verhüten, Glycerin zugesetzt ist. Die Decke sowohl der festen als der beweglichen Glocke ist mit Ventilen versehen, die sich nach außen öffnen. Geht nun die bewegliche Glocke in die Höhe, so entsteht in ihrem Innern ein luftleerer Raum, die Ventile in der Decke der festen Glocke öffnen sich und es wird Luft aus dieser und damit aus dem Tunnel aspirirt; beim Niedergange dagegen schließen sich die Ventile in der Decke der festen Glocke, dagegen öffnen sich die in der beweglichen Glocke und lassen die Luft austreten. Die Bewegung erfolgt durch Wassersäulenmaschinen, deren Cylinder

*) Vergl. den Bericht über eine solche für den Aachen-Höngener Bergwerks-Ver. gelieferte Locomotive in der Berg- u. hüttenmänn. Ztg. 1875, S. 415.

**) Rapport trimestriel Nr. 12. Annexe V mit Abbild.

in den Achsen der festen Glocken stehen. Beide Glocken vermögen zusammen bei 10 Oscillationen in der Minute in jeder Secunde 9,8 Cubikmeter verdorbene Luft aufzusaugen.

Akustik.

Akustische Nachwirkung.

Während es allgemein bekannt ist, daß lebhafte Lichteindrücke eine merkliche Zeit lang im Auge andauern, war man bis jetzt geneigt, beim Ohr eine ähnliche Erscheinung in Abrede zu stellen und anzunehmen, daß der Gehörmechanismus sehr rasch ausschwinge und der Gehörnerv keine Nachbilder gebe. Indessen hat V. Dvorak in Prag Beobachtungen angestellt, welche entschieden für eine längere Nachwirkung der Töne sprechen.*) Aendert man nämlich die Höhe eines einzelnen Tones stetig, so daß man schleifend von einem Tone zum andern übergeht, so hört man neben dem ursprünglichen noch einen neuen, tieferen Ton, den Dvorak den Schleifton nennt.

Er nahm diesen Ton zuerst beim Gesange einer im Zimmer befindlichen Drossel wahr, die eine sehr kräftige Stimme hatte; diese Vogelart geht nämlich meistens nicht sprungweise, sondern schleifend von einem Tone zu einem anderen über. Später gelang es, den gleichen Ton auch beim Verlängern und Verkürzen einer aus zwei über einander verschiebbaren Messingröhren zusammengesetzten Pfeife wahrzunehmen. Indem er die Bewegung des Auszugsstückes der Pfeife beiderseits fest begrenzte und nun dasselbe bald nach der einen, bald nach der andern Richtung bewegte, fand er, daß der Schleifton dieselbe Höhe hat, wie der Combinationston, der aus dem höchsten und tiefsten der Töne gebildet wird, die bei der Verkürzung und Verlängerung der Pfeife auftreten.

Es mußte zunächst befremden, daß die Uebergangstöne, die zwischen dem höchsten und tiefsten liegen, keinen Einfluß haben sollten auf die Höhe des Schleiftones. Bei weiterem Studium der Erscheinung fand sich aber auch hierfür eine Erklärung.

*) Poggend. Annalen Bd. 154, S. 611.

Nimmt man nämlich die Verlängerung oder Verkürzung der Pfeife mehr gleichmäßig vor, so hört man den Schleifton anfangs ganz schwach und sehr tief, er nimmt aber rasch an Höhe und Intensität zu. Wenn man dagegen die Pfeife sehr rasch abwechselnd verkürzt und verlängert, so hört man immer nur den Schluß des Schleiftones, weil dieser am stärksten ist. Ganz dieselbe Erscheinung nahm Dvorak auch bei Combinationstönen gewöhnlicher Art wahr. Als er nämlich neben der bereits erwähnten Pfeife noch eine zweite, auf den höchsten Ton der ersteren gestimmte, tönen ließ und nun die erste rasch verkürzte und verlängerte, so mußte auch eine Reihe verschiedener Combinationstöne entstehen; man hörte aber nur den, welcher der größten Länge der ersten Pfeife entsprach. Auf diese Weise erklärt sich das oben ausgesprochene Gesetz über die Höhe des Schleiftones.

Innerhalb gewisser Grenzen ist die Höhe des Schleiftons unabhängig von der Geschwindigkeit der Verkürzung und Verlängerung der Pfeife; mit abnehmender Geschwindigkeit wird derselbe aber schwächer. Nur wenn diese Veränderungen sehr langsam erfolgen, wird der Schleifton tiefer, aber zugleich so schwach, daß eine Bestimmung der Höhe unmöglich wird. Dieses Tieferwerden rührt jedenfalls daher, daß der eine extreme Ton bereits im Ohre verklungen ist, ehe der andere erregt wird. Durch Bestimmung der Grenze, wo der Schleifton anfängt tiefer zu werden, ließ sich daher die Dauer des Nachklingens im Ohr ermitteln. Dvorak fand dieselbe in 3/4 Secunden.

Bei diesen Versuchen hatte der höchste Ton, den die Pfeife angab, die Schwingungszahl 3082 (ungefähr g^4), der tiefere war die große Terz oder die Quinte desselben. Doch treten die Schleiftöne auch bei tieferen Tönen auf, nur nicht so auffallend stark wie bei hohen. Der tiefste Ton, von dem ausgehend Dvorak durch rasche Verschiebung eines Stempels in einer Pfeife noch einen Schleifton erhielt, hatte etwa 340 Schwingungen. Bei tieferen Tönen tritt übrigens der Schleifton nur bei der Vertiefung des Pfeifentones, dagegen nicht oder doch nur sehr schwach, bei der Erhöhung desselben auf. Auch bei höheren Tönen bemerkt man, daß der Schleif-

ton, der durch Verlängerung der Pfeife entsteht, etwas stärker ist, als der bei der Verkürzung auftretende.

Prof. Mach machte unseren Autor darauf aufmerksam, daß diese Töne auch auftreten müssen, wenn zwei verschieden hohe Töne sprungweise auf einander folgen. Dies wurde auch bestätigt durch Versuche mit einer Pfeife deren Ende mit dem Finger bedeckt wurde, als man sie anblies; entfernte man dann den Finger sehr rasch, so hörte man den Schleifton, und derselbe überdauerte den Moment des Oeffnens der Pfeife um einen beträchtlichen Zeitraum. Dieselbe Wahrnehmung wurde auch beim plötzlichen Schließen der Pfeife gemacht. Auch gelang es, auf der E-Saite einer Violine bei einem ganz gewöhnlichen Tonsprung, auf einen Bogenstrich, jedoch ohne das geringste Portamento, den Schleifton zu hören.

Vocalklänge.

Nach der von Helmholtz in seinem Werke „Die Lehre von den Tonempfindungen" vorgetragenen Theorie unterscheiden sich die Vocalklänge von den Klängen der meisten musikalischen Instrumente wesentlich dadurch, daß die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl derselben, sondern von deren absoluter Tonhöhe abhängt. Die am stärksten schallenden Obertöne der Vocale nennt Helmholtz charakteristische Vocaltöne, weil von ihnen hauptsächlich der specifische Charakter des Vocallautes abhängt.

Bei den Vocalen U, O und A bildet die Schallröhre — Schlund- oder Mundhöhle — einen ungetheilten Raum; jeder von ihnen hat daher nur einen charakteristischen Ton, und zwar U den Ton f, O den Ton b^1, A den Ton b^2 oder d^3. Beim Ö, Ü, Ä, E und I dagegen hebt sich der Zungenrücken gegen den Mundboden und theilt die Schallröhre in zwei ungleich große Räume, deren jeder seinen Oberton verstärkt: daher hat jeder dieser Vocale zwei Obertöne, welche gleichzeitig erschallen, nämlich Ö die Töne cis^3 und f^1, Ü die Töne g^3 und f, Ä die Töne g^3 und d^2, E die Töne b^3 und f^1, I aber d^4 und f.

Helmholtz bemerkt noch, daß jeder Vocal am vollkommensten erklinge, wenn sein charakteristischer Ton nur wenig

höher liegt, als der Grundton, auf welchen er gesungen oder gesprochen wird.

Gegen die allseitige Richtigkeit dieser Theorie sind schon mehrfach Bedenken erhoben worden, so neuerdings von Emil von Quanten.*) Derselbe bemerkt, daß die Helmholtz'schen Bestimmungen theils gegen einander streiten, theils in vielen Fällen mit der Wirklichkeit im Widerspruche stehen, wie auch durch die eignen Beobachtungen von Helmholtz dargethan werde.

Quanten erinnert zunächst rücksichtlich des Unterschiedes zwischen der Sprach- und Singstimme daran, daß der Grundton beim Sprechen den Klang viel weniger beherrscht als beim Singen, daß ferner die Grundtöne beim Sprechen oft einander viel näher liegen als beim Singen, und daß sich endlich das Sprechen meistens nur auf den Mitteltönen der Stimme bewegt, während das Singen den ganzen Tonumfang in Anspruch nimmt.

Wenn nun wirklich der Vocal U den constanten charakteristischen Ton f hätte, so ließe sich U auf keinen höhern Grundton als F bilden, und ebenso könnte man den Vocal O mit dem charakteristischen Tone b^1 nicht bilden mit einem über b hinausgehenden Tone, so daß ein Sopran mit der untern Grenze c^1 weder O noch U hervorzubringen im Stande wäre. Aber in Wirklichkeit singen Sopranstimmen diese Vocale in ziemlich hohen Lagen, woraus dann folgt, daß f und b^1 nicht die wahren charakteristischen Töne von U und O sein können. Wenn ferner die Angabe von Helmholtz richtig wäre, daß beim Norddeutschen A den charakteristischen Ton b^2, beim Engländer und Italiener aber den Ton d^3 hat, so könnten die Norddeutschen aufwärts von b^1, Engländer und Italiener aber oberhalb d^2 den Vocal A nicht mehr bilden, weil dann der charakteristische Ton nicht mehr als Oberton des Grundtones auftreten könnte. Während uns die Erfahrung zeigt, daß unsere Soprane das A auf alle Töne der ein- und zweigestrichenen Octave bilden, könnte dies nach der Helmholtz'schen Theorie von h^1 an nicht der Fall sein. Aber Helmholtz selbst bemerkt im Widerspruch dazu ausdrücklich, das A klinge am besten in den hohen So-

*) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 272 u. 522.

prantönen oberhalb c^2 und f^2. Auf ähnliche Widersprüche zwischen Theorie und Wirklichkeit stößt man auch bei den Vocalen mit zwei charakteristischen Tönen. So müßten die Vocale Ü und I den tiefsten ihrer charakteristischen Töne und damit ihren eigenthümlichen Charakter verlieren, sobald die Stimme den Ton F überschreitet; ein Baß, dessen tiefster Ton E ist könnte also diese beiden Vocale nur auf den einen Ton F vollkommen bilden, ein Tenor, der mit H beginnt, nur auf f, ein Sopran gar nicht, und dergl. mehr. Es ist aber allen Gesanglehrern bekannt, daß die in Rede stehenden Vocale sich am besten gerade in den höhern Tonlagen der Stimme ausnehmen und auch Helmholtz sagt dies ausdrücklich.

Aus der von Helmholtz behaupteten Constanz der charakteristischen Vocaltöne ergiebt sich aber noch ein anderer Widerspruch mit der Erfahrung. Bildet man sich ein Verzeichniß der harmonischen Obertöne für die verschiedenen Töne der kleinen Octave c—h, so findet man den charakteristischen Vocalton des norddeutschen A, also b^2, nur bei vier Tönen als Oberton, nämlich bei c, dis, fis, b; auf die übrigen acht Töne dieser Octave könnte man also das A gar nicht singen, trotzdem daß die Tonlage unterhalb der Grenze b^1 ist. Es müßte sich also die sonderbare Erscheinung einstellen, daß beim Singen der chromatischen Tonleiter es bald möglich wäre den Vocal A anzugeben, bald nicht. In Wahrheit läßt sich aber A auf allen Tönen dieser Octave sehr leicht angeben.

G. Engel hat in seiner Schrift „Die Vocaltheorie von Helmholtz und die Kopfstimmen" diese Widersprüche der Theorie und der Erfahrung zu beseitigen versucht durch die Annahme, daß dann, wenn der von Helmholtz angegebene charararkteristische Ton nicht vorkommt, der Vocal dadurch gebildet wird, daß der Eigenton der Schallröhre diejenigen Obertöne etwas verstärkt, welche dem charakteristischen Tone am nächsten liegen. Es würde also beispielsweise, wenn man A auf cis zu singen versucht, der fünfte und sechste Oberton gis^2 und h^2, namentlich der letztere, verstärkt werden. Doch soll in einem solchen Falle der Vocal eine schlechtere Klangfarbe bekommen. „Keiner kann jedoch mit Fug behaupten, daß A unvollkommener auf cis als auf c laute, weniger charakteristisch auf a als auf fis, b u. s. w. Im Allgemeinen würde eine in so kurzem

Zwischenraum launisch auftretende Ungleichheit in der dem Vocal zugehörigen Klangfarbe zu unnatürlich sein, um als wirklich angenommen werden zu können."

Es ergiebt sich überhaupt, daß die charakteristischen Vocaltöne gar keine constante Tonhöhe besitzen. Denn man findet keinen dieser Töne in der Klangmasse aller der Töne, auf welche sowohl in Wirklichkeit, als auch nach Helmholtz's eigener Angabe Vocale rein und klar ausgebildet werden können.

Auf Grund der Helmholtz'schen Theorie sollte man meinen, daß, wenn ein Vocal am vollkommensten auftritt, sein charakteristischer Ton sich in dem Klange befinden müsse. Nun bemerkt aber Helmholtz, daß der Vocal am besten klinge, wenn sein charakteristischer Ton nur etwas höher liegt, als die gesungene Note, daß z. B. U am besten erklinge auf den Tönen d und e, die unmittelbar unterhalb des charakteristischen Tones f liegen. Da aber f nicht unter den Obertönen von d oder e vorkommt, so kann f nicht auftreten, wenn man d oder e angiebt, man mag die Schallröhre noch so genau auf f einstellen; „denn der Eigenton des Mundes kann nicht ins Leben gerufen werden, wenn nicht — dies ist das allgemeine Gesetz, auf welches Helmholtz seine Vocallehre baut — ein entsprechender Ton in der Klangmasse des Grundtones gefunden wird." Aehnlich verhält es sich auch in anderen Fällen. Auch wenn die charakteristischen Töne mit den Grundtönen zusammenfallen, klingen nach Helmholtz's Angabe die Vocale vortrefflich, z. B. U auf f, E auf f^1 rc.

Gegen die Ansicht, daß die Töne f und f^1 hier die Rolle charakteristischer Vocaltöne spielen, glaubt v. Qvanten zwei Einwände erheben zu müssen. Zunächst ist der Vocallaut nach Helmholtzs Definition ein eigenthümlich zusammengesetzter Klang, er kann also nicht aus einem Tone oder mehreren unisonen Tönen bestehen. Dies wird schon durch die Versuche bestätigt, die Robert Willis vor länger als dreißig Jahren angestellt hat. Ihnen zufolge besteht nämlich der Vocallaut, den man durch Zungenpfeifen erhält, immer aus zwei verschiedenen Tönen, einem tieferen, welcher durch die Zunge bestimmt wird, und einem höheren, der von der Länge der Pfeife abhängt. Sobald der Ton der Zunge mit dem der Pfeife

zusammenfällt, verschwindet augenblicklich der specifische Vocallaut. Sodann bemerkt v. Qvanten, daß wenn man die Schallröhre auf f einstellt und gleichzeitig den Ton U auf diese Note bildet, der Eigenton der Schallröhre zunächst den Grundton f, sodann aber dessen nächsten Oberton f [1] verstärken muß, welcher dadurch unter den Obertönen am stärksten auftritt. „Der specifische U-Klang wird also hier in der That zusammengesetzt aus den Tönen f und f [1]. Der Vocal wird nicht gebildet durch ein Unisono von Grundton und Schallröhrenton, sondern durch ein Zusammenwirken vom Grundton und dessem erstem Oberton. Auch hier werden die charakteristischen Töne viel höher als Helmholtz sie annimmt."

V. Qvanten wendet sich nun zur physiologischen Seite der Helmholtz'schen Vocallehre, deren Richtigkeit er ebenfalls bestreitet. Nach Helmholtz beruht der Eigenton der Schallröhre beim Singen und Sprechen ausschließlich auf dem Vocal, und die Schallröhren bei Männern und Frauen haben bei demselben Vocal immer dieselbe Resonanz. Das kleinere Volumen der Schallröhre bei Frauen wird aufgewogen durch das dichtere Schließen der Mundöffnung, wodurch die Resonanz bei ihnen ebenso tief wird wie bei der an Volumen größeren Schallröhre der Männer.

Dem gegenüber erinnert nun v. Qvanten daran, daß der Kehlkopf steigt und sinkt mit dem Grundtone. Im ersten Falle wird die Schallröhre verkürzt, im zweiten verlängert, der Eigenton derselben wird darnach höher oder tiefer. Es wird also der Eigenton der Schallröhre nicht ausschließlich durch den Vocal bestimmt, sondern auch von dem Grundtone, und er ändert sich in gleichem Sinne wie dieser. Allerdings üben auch die Vocale einen Einfluß aus auf die Lage des Kehlkopfes und die übrige Gestaltung der Schallröhre. Bildet man beim gewöhnlichen Sprechen die ganze Vocalreihe auf einen gewissen Ton, so nehmen Kehlkopf, Zunge und Lippen für jeden Vocal eine andere Stellung an. Der Kehlkopf stellt sich am tiefsten beim U, am höchsten beim I, die Zunge am tiefsten beim U und A, am höchsten bei I; die Lippen treten am meisten hervor bei Ü und U und ziehen sich am meisten zurück beim I; die Mundöffnung ist am kleinsten beim U, am größten beim Ä. Singt oder spricht man dieselben Vocale auf einen höheren Ton, so

treten dieselben Veränderungen ein, aber die Schallröhre ist dann kürzer als vorher. Da nun unter den Obertönen des Grundtones diejenigen am meisten verstärkt werden, welche im Eigentone der Schallröhre auftreten, so muß bei jedem Vocale der charakteristische Ton steigen und sinken mit dem Grundtone. Die charakteristischen Vocaltöne können keine constante Tonhöhe besitzen. Mag der Grundton noch so tief oder noch so hoch sein, immer lassen sich sämmtliche Vocale auf denselben bilden, wenn nur die Schallröhre dem jeden Vocale eigenthümlichen charakteristischen Ton im Verhältniß zum Grundtone die zugehörige Resonanz zu ertheilen vermag. „Absolute akustische Grenzen für die Vocalbildung, wie Helmholtz angiebt, giebt es nicht, nur relative physiologische."

Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt, welche zeigt, daß die Vocalbildung, unabhängig von der absoluten Lage des Grundtones in der Scala, immer am vollkommensten in der Mittellage jeder Stimme geschieht, wo die Wirksamkeit des Stimmorganes mit der größten Freiheit und Sicherheit in allen Richtungen vor sich geht, weniger vollkommen dagegen an den Grenzen jeder Stimme. Auch sprechen alle Menschen gewöhnlich in der Mittellage ihrer Stimme. Keiner der verschiedenen Stimmarten fehlt beim Sprechen oder Singen irgend ein Vocal, und alle Stimmen, der Baß, wie der Contra-Alt und der Sopran, haben dieselbe Schwierigkeit, die Vocale auf ihren höchsten und tiefsten Tönen hervorzubringen. „Die Leichtigkeit und Schwierigkeit, Vocale zu bilden, verschieben sich auf der Scala auf und ab, je nachdem die individuellen Stimmen eine höhere oder tiefere Tonlage haben."

Unser Autor macht noch auf eine andere, neben den Vocalen bestehende Eigenthümlichkeit des Klanges aufmerksam, auf den Timbre, welcher in dem reichen Wechsel von Dumpfheit oder Schärfe, Offenheit oder Geschlossenheit und Klarheit besteht, den man jedem Tone auf welchen Vocal man will geben kann. „Der Timbre drückt vorzugsweise die sensuelle, der Vocallaut vorzugsweise die intellectuelle Seelenthätigkeit aus. Der Vocal, in Verbindung mit Consonanten, enthält den Begriff des Wortes; der Timbre dagegen giebt, in Verbindung mit dem Ton, dem Worte einen wechselnden Stimmungscharakter." Man unterscheidet gewöhnlich den normalen

oder mittleren, den klaren und den dunkeln Timbre. Duprez hat, wie es scheint, zuerst den dunkeln Timbre beobachtet; nach ihm hat Manuel Garcia die Timbrelehre physiologisch und ästhetisch entwickelt.

„Die physiologischen Bedingungen zum Timbrewechsel sind folgende. Wenn man mit Beibehaltung des Grundtones und des Vocales den Kehlkopf und den Zungenrücken mehr und mehr erhöht, den Mundboden senkt, die Lippen zurück- und die Mundwinkel von einander zieht, so daß der Mund zu einer breiten Spalte vergrößert wird, so wird der Timbre viel klarer, der Ton viel schärfer und offener. Wenn man umgekehrt verfährt, d. h. Kehlkopf und Zungenrücken mehr und mehr senkt, die Lippen nach vorn schiebt, und die Mundöffnung verringert wird und eine ovale, fast runde Form annimmt, so wird der Timbre viel dunkler, der Ton, wie der Vocal dumpfer und geschlossener. Nimmt der Kehlkopf eine gewisse mittlere Lage und der Mund zugleich eine mittelgroße Oeffnung an, so erhält man den normalen oder mittleren Timbre. Diese Veränderungen in der Stellung der Schallröhre sind regelrecht von anderen Verhältnissen begleitet. Beim klaren Timbre steigt der Kehldeckel aufwärts, schließen sich die Stimmbänder bei ihren Schwingungen gegen die Stimmritze dicht zusammen, sind die Stimmbänder stärker gespannt in Länge, also dünner und länger. Beim dunkeln Timbre senkt sich der Kehldeckel gegen die Stimmritze, schließen sich die Stimmbänder bei ihrem Wiederschwingen weniger dicht und lassen eine offene Ritze zwischen einander, sind die Stimmbänder mehr seitwärts gespannt (durch Zusammenziehung des **musculus vocalis**), also kürzer und dicker.“ Da hiernach bei klarem Timbre das Volumen der Schallröhre verringert wird, so werden in diesem Falle bei unveränderter Höhe des Grundtones und der charakteristischen Vocaltöne die höheren Obertöne vorzugsweise verstärkt; und je höher der Oberton ist, der am stärksten erklingt, desto klarer ist der Timbre, und umgekehrt, je niedriger der Oberton ist, der die stärkste Resonanz hat, desto dunkler ist der Timbre. Es zeigt sich also, „daß der Vocal auch bei unverändertem Grundton gebildet werden kann bald mit großer, bald mit kleiner Mundöffnung, bald mit niederer, bald mit höherer Lage des Kehlkopfes, bald mit größe-

rem, bald mit kleinerem Volumen der Schallröhre und in Folge hiervon bald mit tieferem, bald mit höherem charakteristischen Tone.“ Es kann demnach auch nicht länger der specifische Laut des Vocales angesehen werden „als beruhend auf einem gewissen constanten Verhältniß zwischen dem charakteristischen Tone und dem Grundtone, nachdem gefunden worden, daß der Vocal nicht blos einen oder zwei charakteristische Töne für jeden Grundton hat, sondern eine ganze Reihe solcher. Die Anzahl der charakteristischen Töne wächst zu Massen für jeden Vocal. Es sieht fast aus, wie wenn selbst der Begriff des charakteristischen Tones, geheftet an den im Vocal am stärksten erklingenden Oberton, aufgegeben werden muß, wenigstens in dem Sinne, wie er bisher in der Vocallehre angewandt worden ist.“

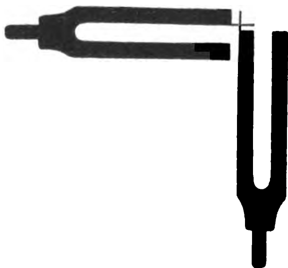
Weiterhin wendet sich v. Qvanten zu einer kritischen Betrachtung der Untersuchungen und Experimente, auf welche Helmholtz seine Vocallehre gestützt hat. Als Hauptergebniß stellt sich heraus, „daß die Natur des Vocallautes noch nicht als vollständig erforscht angesehen werden kann. Helmholtz hat zur Lösung dieser wichtigen Frage, die das Wesen des Menschen so nahe berührt, wichtige Beiträge geliefert, aber es ist ihm nicht geglückt, sie zu beantworten. Der specifische Vocallaut beruht nicht auf einem gewissen stärkest schallenden Oberton. Noch weniger beruht er auf einem gewissen Verhältnisse zwischen dem stärkest schallenden Oberton und dem Grundton, auf einer gewissen Anzahl von Obertönen, auf einer gewissen Vertheilung der Stärke bei den Grund- und Obertönen oder einem gewissen secundären Tone der Schallröhre. In allen diesen Stücken findet . . . bei demselben Vocale ein beständiger Wechsel statt und zwischen verschiedenen Vocalen ein gegenseitiges vollständiges Herumwerfen. Dagegen will es scheinen, als beruhte der specifische Vocallaut auf einem so eigenthümlich abgewogenen Verhältnisse zwischen sämmtlichen hier mitwirkenden akustischen Elementen, daß die Summe derselben, bei allem Wechsel im Einzelnen, doch im Ganzen dieselbe bleibt. Das eine Element verändert seine Lage, verringert oder vergrößert seinen Einfluß, und sogleich erfolgen bei den übrigen solche entsprechende Veränderungen, welche zur Erlangung des Totaleffectes nöthig sind. Der

eine Vocal wird in einer Hinsicht gleich einem anderen und in Folge hiervon in anderer Hinsicht ihm ungleich. Die in jedem Vocal vorherrschende akustische Wirksamkeit kann also in der Scala der Grund- und Obertöne niedriger oder höher gelegt werden; der Laut des Vocales bleibt doch immer derselbe, nur mit dem Unterschied, daß er im ersten Falle dumpfer, dunkler, im letzteren Falle offener, klarer auftritt. Nur eine solche Annahme erklärt, wie es möglich ist, daß ein Vocal auf jeden beliebigen Grundton und in verschiedenen Timbreveränderungen gebildet werden kann, ohne daß darum sein Laut sich dem der übrigen Vocale nähert . . . ."

Schwingungen fester Körper.

Eine optische Methode zum Studiren der Schwingungen fester Körper, welche der Lissajous'schen analog ist, ihr an Genauigkeit allerdings nachsteht, aber dafür leichter und auf schwingende feste Körper der verschiedensten Form anwendbar ist, hat Ogden N. Rood, Professor am Columbian-Colleg in Newyork, beschrieben.*) Ein Paar Beispiele werden diese Methode erläutern.

Fig. 12.

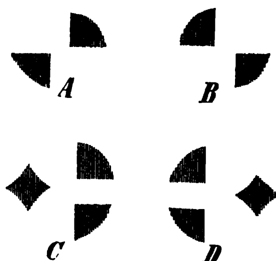


Wenn man ermitteln will, ob zwei Stimmgabeln im Einklange sind oder wie der Unterschied ihrer Schwingungszahlen ist, so stellt man sie so, daß sie rechtwinklig gegen einander schwingen, wie Fig. 12 andeutet, und befestigt mit möglichst wenig weichen Wachses oder mit Firniß an einer Zinke jeder Gabel ein kurzes Stückchen dünnen Stahldrahtes von 0,1—0,2 Millim. Durchmesser. Man bringt diese Drähte ziemlich nahe übereinander und betrachtet ihren Kreuzungspunkt, während die

*) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 604.

Gabeln schwingen, durch ein kleines Fernrohr vor einem hellen Hintergrunde. Es zeigen sich dann Figuren, welche den Lissajous'schen analog sind. Fig. 13 A und B sind charakteristisch für unisone Gabeln, und zwar entsteht A, wenn die Phasendifferenz Null, B wenn dieselbe gleich einer halben Schwingung ist. Schwächere Anzeigen dieser Figur erhält man auch in andern Fällen, ausgenommen wenn die Phasendifferenz nahezu 1/4 oder 3/4 u. s. w. einer Vibration ist. Sind die Gabeln genau unisono, so läßt sich die Figur nach ein Paar Versuchen leidlich scharf und deutlich erhalten und bleibt constant, wogegen sie sich langsam verwandelt, wenn der Einklang nicht ganz vollständig ist. Eine fast eben so deutliche und bestimmte Figur erhält man, wenn die Stimmgabeln um eine Octave verschieden sind, nämlich Fig. 13 C oder D, je nachdem die Phasendifferenz Null oder eine halbe Schwingung ist. Weniger deutlich werden die Figuren bei der Quinte, Quarte 2c.

Fig. 13.



Um zwei Saiten in Einklang zu bringen, ohne eines der erwähnten Intervalle zwischen ihnen herzustellen, wird zwischen die Saiten des Monochordes ein unter 45 ⁰ geschnittener Kork gebracht und unter diesem Winkel ein kleines Stück Spiegelglas gehalten. Das reflectirte verticale Bild der entfernteren Saite sieht man dann im Fernrohr gekreuzt von dem horizontalen Bilde der nähern Saite.

In analoger Weise studirt Rood auch die Schwingungen von Stäben, Platten, Glocken und Membranen.

Man kann auch die wichtigeren der so erhaltenen Figuren leicht einem großen Auditorium sichtbar machen. Drähte von ungefähr Millimeterdicke werden an zwei vor einer Laterna magica aufgestellten Stimmgabeln befestigt; mittels einer Linse von etwa 80 Millim. Brennweite wird ein Bild auf dem Schirm entworfen. Die Figuren sind dann gut zu sehen.

Die Tonhöhen der Transversalschwingungen von Gypsstäben, welche mit tropfbaren Flüssigkeiten getränkt sind, hat Carl Müller in Marburg studirt.*) Derselbe experimentirte im Ganzen mit sieben Stäben, fünf cylindrischen und zwei parallelepipedischen. Dieselben wurden aus einem gutgemischten, dünnflüssigen Teig aus gebranntem Gyps und Wasser gegossen, erstere in einer der Länge nach aus drei Theilen bestehenden Glasröhre, letztere in einer Rinne aus gehobelten Holzleisten. Ihr specifisches Gewicht schwankte zwischen 0, 7 und 1, 3.

Dieselben wurden in transversale Schwingungen versetzt in der Weise, daß beide Enden frei waren. Dazu diente ein feines Glasstäbchen, welches, in der Mitte der Stäbe festgekittet, mit angenäßten, am zweckmäßigsten in sehr verdünnten Alkohol getauchten Fingern gerieben wurde und so das ganze System in anhaltende und kräftige Schwingungen brachte.

Die Bestimmung der Tonhöhe erfolgte mit Benutzung einer Thatsache, welche Prof. Melde in einigen Abhandlungen in Poggendorff's Annalen, Bd. 109 und 111, besprochen hat. Läßt man nämlich die Schwingungen eines festen Körpers auf einen gespannten Faden wirken, so geräth dieser bei bestimmter Länge und Spannung ebenfalls in stehende Schwingungen, die entweder denselben Ton geben, wie der erregende Körper oder einen um eine Octave tieferen, und zwar das Erstere dann, wenn die Schwingungen des festen Körpers transversal, Letzteres wenn dieselben longitudinal zur Richtung des Fadens wirken. Je nach einer bestimmten Länge oder Spannung des Fadens theilt sich derselbe in eine gewisse Anzahl halber Wellen, die sich sehr scharf dem Auge darbieten. Man kann durch Regelung der Länge und Spannung einzeln, oder auch beider zugleich, den Faden seiner ganzen Länge nach schwingen lassen. Kennt man nun die Schwingungszahl des Fadens, so kann man daraus einen Schluß auf diejenige des erregenden Körpers machen. Die Tonhöhe der Fadenschwingungen läßt sich aber aus der Theorie der Saitenschwingungen ermitteln.

Die Stäbe wurden der Reihe nach mit Wasser, Alkohol und gewöhnlichem Rüböl getränkt, zu welchem Zwecke man sie

*) Poggend. Ann. Bd. 155, S. 481.

einige Zeit in eine mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllte Rinne legte.

Was nun die Ergebnisse der Versuche anlangt, so zeigte sich mit der Aufnahme von Flüssigkeit durch die Gypsstäbe eine bedeutende Erniedrigung der Tonhöhe verbunden. Da aber die Tonverhältnisse des ersten, dritten und fünften Tones dieselben blieben, wie bei dem trockenen Stabe, so wirkt die eingesaugte Flüssigkeit nicht etwa als Belastung des schwingenden Stabes, sondern sie bildet im Verein mit den Molekülen des starren Körpers gewissermaßen einen neuen elastischen Stab, der die Theorie der starren Systeme genau befolgt. Die Erniedrigung der Tonhöhe fand sich am größten beim Aufsaugen vom Wasser, geringer beim Oel, am kleinsten bei Alkohol. In der Erniedrigung der Schwingungsmenge durch Aufnahme von Wasser ließ sich bei den verschiedenen Stäben keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Regelmäßiger ergab sich die Tonveränderung durch Alkohol und Oel; eine fast vollkommene Gesetzmäßigkeit tritt indessen ein, wenn man die Tonveränderungen der mit Flüssigkeit getränkten Stäbe unter einander und nicht mit dem trockenen Zustande vergleicht. Es zeigt sich dann die Tonveränderung abhängig vom specifischen Gewicht der aufgesogenen Flüssigkeit; sie ist um so größer je höher das specifische Gewicht der Flüssigkeit ist. Mit dem Aufsaugen der Flüssigkeit ist zugleich eine Abnahme der Elasticitätscoëfficienten verbunden, die am stärksten beim Wasser, geringer beim Alkohol und am geringsten bei Oel ist.

Anwendung von Stimmgabeln zu telegraphischen Zwecken. Schwingende Stimmgabeln, namentlich solche mit selbstthätiger, elektromagnetischer Anregung sind schon längere Zeit zu verschiedenen physikalischen Versuchen angewandt worden.*) Eine neue interessante Verwendung zur gleichzeitigen

*) Eine genauere experimentelle Untersuchung ihrer Bewegungsform giebt Dr. Albert Ettinghausen in Graz, Poggend. Ann. Bd. 155, S. 628.

Beförderung mehrerer Telegramme auf einem und demselben Drahte hat ein junger Physiker in Kopenhagen, Paul La Cour, Subdirector des dortigen meteorologischen Instituts, ersonnen*). Dieselbe beruht auf folgenden Grundsätzen.

Wenn eine vibrirende Stimmgabel bei jeder Schwingung eine galvanische Kette schließt und öffnet, so entsteht ein intermittirender Strom, dessen Pulsationen mit den Vibrationen der Stimmgabel isochron sind. Umkreist dieser Strom einen Elektromagneten, der auf eine zweite Stimmgabel wirkt, so wird diese durch den Strom in Schwingungen versetzt und wird tönen, wenn beide Gabeln gleich gestimmt sind, oder wenn die eine einen harmonischen Ton der andern giebt; ist dies nicht der Fall, so bleibt die zweite Gabel stumm. Der erste derartige Versuch auf einer größeren Strecke gelang in der Nacht vom 14. zum 15. November 1874; der Strom durchlief die 390 Kilom. lange Telegraphenlinie von Kopenhagen nach Friedericia und zurück; die Pulsationen machten sich selbst bei einem schwachen Strome leicht bemerklich.

Der Apparat hatte bei diesen Versuchen folgende Einrichtung: Die erste Stimmgabel, oder der Schlüssel, war in horizontaler Stellung mit ihrem Stiele so befestigt, daß die zu oberst liegende Zinke mit ihrer Außenseite bei jeder Oscillation einen mittels einer Schraube verstellbaren Contact berührte, welcher mit der Telegraphenleitung in Verbindung stand, während der Stiel mit dem einen Pole einer galvanischen Batterie verbunden wurde, deren zweiter Pol zur Erde abgeleitet war. Ein Schlag auf eine der Zinken der Gabel erregte in der Kette einen Strom, dessen Intermittenzen in Uebereinstimmungen mit den Schwingungen der Gabel waren. Erhält man die Gabel in Schwingungen, so bekommt man dasselbe Resultat, sobald man die Drahtleitung an irgend einem andern Orte schließt. Bringt man noch einen Contact auf der Innenseite einer Zinke an und benutzt für diesen eine besondere Kette, so kann man die Linie von auf einander folgenden entgegengesetzten Strömen durchlaufen lassen.

Der Apparat, welcher den intermittirenden Strom auf-

*) Poggend. Ann. Bd. 155, S. 628.

nimmt, enthält ebenfalls eine horizontale Stimmgabel von weichem Eisen, die denselben Ton giebt wie der Schlüssel. Die Zinken stecken in zwei Kupferdrahtrollen, können aber im Innern derselben frei oscilliren. Der ankommende intermittirende Strom durchläuft die zwei Rollen und geht dann durch die Spulen eines Hufeisenmagnets, dessen Pole vor den in den Stimmgabeln erzeugten Polen stehen, ihnen aber entgegengesetzt sind. Der Strom bewirkt demnach eine Anziehung zwischen den vier Polen, welche die Zinken der Gabel öffnet; mit der Unterbrechung des Stromes gehen aber die Zinken in ihre Gleichgewichtslage zurück. Sind nun die Pulsationen des Stromes im Einklange mit den Schwingungen der zweiten Gabel, so erlangen letztere bald eine bedeutende Amplitude; die eine Zinke berührt alsdann einen Contact und schließt eine Localbatterie. Die vor der Schließung der Localbatterie verstreichende Zeit ist nur ein kleiner Bruchtheil einer Secunde, selbst bei sehr schwachem Strome.

Als Hauptvortheile dieses Systems werden angegeben:

1. Der intermittirende Strom bringt nur eine mit dem Schlüssel im Einklang stehende Gabel zum Ansprechen. Bei einer Anzahl verschiedener Schlüssel und ebensovieler Empfangsapparate kann man eine gleiche Anzahl einfacher Signale anwenden, deren jedes nur eine einzige Bewegung erfordert; wenn jedes dieser Signale eine bestimmte Bedeutung hat, so werden die Telegramme schneller, als nach dem bisherigen System, sich befördern lassen. Sind mehrere Stationen durch ein einziges Kabel verbunden, so kann ein Signal von einer Station zur andern gehen, ohne daß die übrigen es wahrnehmen.

2. Es können gleichzeitig mehrere Telegramme durch denselben Draht befördert werden, sei es nach derselben Station oder nach verschiedenen; es müssen dann ebensoviele, nicht in Harmonie stehende Schlüssel angewandt werden. Auch für die chemischen Drucktelegraphen, wie die von Bauer, Caselli u. A., würde das System Vortheil bringen, indem es die gleichzeitige Thätigkeit mehrerer Schreibstifte ermöglicht.

3. Die Empfangsapparate lassen die nicht zu starken atmosphärischen und terrestrischen Ströme ohne sie anzuzeigen vorübergehen; dieselben üben also keinen störenden Einfluß aus.

Zur weiteren Vervollkommung der Erfindung hat La Cour von der dänischen Regierung und vom Folkething eine Unterstützung erhalten.*)

Eine ganz ähnliche Idee hat übrigens Elisha Gray aus Chicago zu verwirklichen gesucht, der im Herbste 1875 einen „elektroharmonischen Telegraphen" in Newyork ausgestellt hatte.**) Am 11. September wurde dieser Apparat auf der 1609 Meter langen Linie Boston-Newyork mit gutem Erfolge probirt: vier verschiedene Mittheilungen wurden von Boston aus gleichzeitig befördert und in Newyork von vier Telegraphisten durch vier Klopfer aufgenommen. Die Zeichen waren im Ganzen gut, nur etwas verkürzt.

Der Apparat ist sehr einfach. Das Niederdrücken eines Tasters setzt einen selbstschwingenden Elektrotom in Thätigkeit, der auf einen bestimmten Ton gestimmt ist, verschieden von den Tönen der andern Elektrotome. Zu jedem Elektrotom gehört nun ein gleichgestimmter Zeichenempfänger auf der andern Station. Unterbricht und schließt man auf der sprechenden Station den Stromkreis am Elektrotom behufs Bildung von Signalen, so werden diese Signale von den Empfängern der andern Station wiedergegeben.

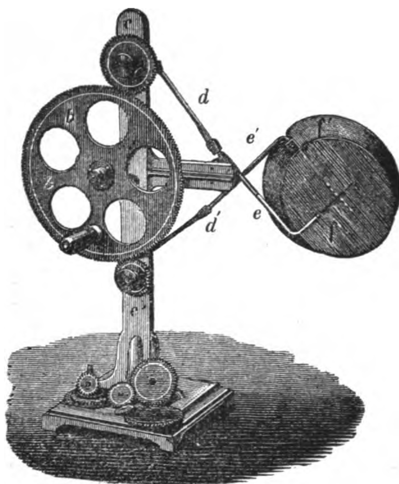
Apparat zur Demonstration der Combination zweier rechtwinkligen Schwingungen von Emil Stöhrer jun. in Leipzig. Der auf S. 138 des vorigen Jahrg. dieses Jahrb. beschriebene Apparat von Pfaundler, welcher auf äußerst einfache Weise die Figuren zeigt, die durch Combination zweier rechtwinkligen Schwingungen entstehen, ist mit dem Uebelstande behaftet, daß diese Figuren schnell verschwinden. Diesem Mangel ist bei dem von E. Stöhrer construirten Demonstrationsapparat begegnet, bei welchem die beiden mit diametralen Schlitzen versehenen Platten f und f' durch Zahnräder und Schubstäbe rechtwinklig gegeneinander bewegt werden; s. Fig 14. Das große Zahnrad b, welches mittels der Handhabe in Drehung versetzt wird, bewegt die beiden kleineren c und c', an denen sich

*) Außerordentl. Beil. z. Allgem. Zeitung 1876 Nr. 72 (12. März), S. 1078.

**) Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 218, S. 529 nach Journ. of the Telegraph, Sept. 1875, p. 281.

excentrische Zapfen zur Befestigung der Stäbe d und d' befinden, mit denen wieder die Stäbe e und e' durch Charniere verbunden sind. Die letzteren Stäbe, welche die kreisförmigen Platten f und f' tragen, sind durch Führungen zu geradliniger Bewegung genöthigt. Damit man die Combination von Oscillationen mit verschiedenen Schwingungszahlen demonstriren kann, lassen sich an Stelle von c' verschiedene Räder von 60, 50, 48, 40, 36, 30, 24 und 20 Zähnen einsetzen, welche dem Apparate beigegeben werden, während c 60 Zähne hat.

Fig. 14.



Sieht man nun während der Drehung von b nach der von hinten beleuchteten Kreuzungsstelle der beiden Schlitze auf f und f', so kann man sehr schön die Schwingungsfigur beobachten. Durch Verstellen eines der beiden Räder c oder c' kann man jede beliebige Phasendifferenz der beiden Oscillationen erhalten. Setzt man an die Stelle von c' ein Zahnrad, welches nicht genau 60, sondern etwa 59 Zähne hat, so ändert sich bei constanter Rotation von b die Schwingungsfigur periodisch. Beleuchtet man die Schlitze durch eine Flamme, so kann man die Schwingungsfigur leicht mittels einer Linse auf einen Schirm projiciren. Noch besser gelingt dies, wenn man die Platten f und f' in einen Projectionsapparat ein-

schiebt. Einen einfachen derartigen Apparat mit Petroleumbeleuchtung hat E. Stöhrer ebenfalls construirt, und es bildet der beschriebene Schwingungsapparat nur einen Bestandtheil einer größeren Sammlung von Apparaten zur objectiven Demonstration verschiedener physikalischer Erscheinungen (Capillarerscheinungen, Klangfiguren, Wärmeleitung, spectroskopische Erscheinungen u. a.).

Schwingungen tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper.

Eine Methode zur Erzeugung von Schwingungen und Interferenzen auf Quecksilber hat C. Decharme beschrieben.*) Durch eine enge Röhre, deren Ende nahe an die Oberfläche des Quecksilbers gehalten wird, bläst er gegen letzteren einen Luftstrom. Bei richtiger Anordnung erhält man musikalische Töne und auf der Quecksilberoberfläche Wellen, durch deren Interferenzen feste symmetrische Figuren entstehen.

Derselbe hat auch auf eine neue Art tönender Flammen aufmerksam gemacht.**) Aus einer Röhre von 3 bis 5 Millim. Durchmesser läßt man Leuchtgas in einer 30 bis 50 Centimeter hohen Flamme brennen, gegen welche man aus einer andern ähnlichen Röhre mittels einer beliebig zusammendrückbaren Kautschukkugel einen mäßigen Luftstrom richtet. Es entstehen dann anhaltende Töne, die sehr verschiedenartig sind je nach der Beschaffenheit und dem Drucke der eingeblasenen Luft, der Stelle, wo sie gegen die Flamme geblasen wird u. s. w.

Decharme hat sich davon überzeugt, daß die eingeblasene Luft mehr eine chemische als eine mechanische Rolle spielt. Soll ein deutlicher Ton entstehen, so scheint ein sauerstoffhaltiges Gasgemenge erforderlich; Stickgas giebt keinen Ton, mit Luft gemengter Sauerstoff giebt ziemlich starke Töne, wogegen reiner Sauerstoff, in eine Wasserstoffflamme geblasen, nur ein hohes Pfeifen erzeugt.

Dr. Bresina in Soest wendet tönende Flammen

*) Comptes rendus LXXX, p. 802.
**) Dies. LXXX, p. 1602; LXXXI, p. 339.

an zur Vergleichung zweier schwingenden Luftsäulen*) anstatt der König'schen manometrischen Kapseln. Sein Verfahren gründet sich auf die vom Grafen Schaffgotsch erwiesene Thatsache, daß die Schwingungszahl einer in einer Röhre singenden Flamme mit derjenigen der Luftsäule übereinstimmt, welche in dieser Röhre eingeschlossen ist. Da aber die Röhren nicht gestatten zwei singende Flammen nahe bei einander in einer Verticallinie anzuordnen, um sie dann mit einem rotirenden Spiegel zu analysiren, so übertrug Bresina die Oscillationen der singenden Flämmchen auf ein Paar andere Flämmchen, welche frei brennen und deren Brenner auf einem Stativ in einer Verticalen nahe an einander angebracht sind. Dies giebt folgende Anordnung.

Auf die beiden nach der Gasleitung führenden Hähne werden ein Paar spitz ausgezogene und mit seitlichen Ansatzröhren versehene Glasröhren a und b aufgesetzt; die Ansätze dienen zur Befestigung von Schläuchen, die nach ein Paar gleichfalls spitz ausgezogenen und rechtwinklig umgebogenen Glasröhren a' und b' führen, deren Mündungen nahe unter einander auf einem Stativ angebracht sind. Man läßt nun das Gas eintreten, entzündet die durch a, b, a' und b' austretenden Gasströme und hält über a und b Glasröhren, welche harmonische Töne geben. Wenn bei gehöriger Regulirung die Flammen singen, so machen die Flammen von a' und b' die Schwingungen mit, und man erhält im rotirenden Spiegel schöne Bilder, welche das Verhältniß der Schwingungszahlen erkennen lassen.

Es gelingt auch in der angedeuteten Weise die Schwingungen der beiden singenden Flammen auf eine einzige frei brennende Flamme zu übertragen.

Zum Schlusse dieses Abschnittes gedenken wir noch der Untersuchungen über die

Theorie der Schallbildung,

welche Prof. Dr. S. Stern in Wien veröffentlicht hat**). Derselbe erinnert zunächst an die bekannte Thatsache, daß

*) Poggend. Ann. Bd. 155, S. 465.
**) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 61 u. 211.

Stimmgabeln ohne Resonanzboden keinen kräftigen Ton geben. Gewöhnlich glaubt man, daß dieselben nur deshalb nicht laut tönen, weil ihre Berührungsfläche mit der Luft zu klein ist, und ihre Schwingungen sonach nur auf sehr kleine Luftmassen übertragen werden können. Prof. Stern hält diese Erklärung für „eine ganz und gar ungenügende,“ wie schon daraus hervorgehe, „daß noch viel kleinere Massen jeden Moment, besonders durch Zusammenstoßen, recht laut schallend befunden werden.“ Sollte eine Vergleichung zwischen dem momentan klopfenden Schall und den dauernden regelmäßigen Stimmgabelschwingungen nicht zulässig erscheinen, so erinnert er statt dessen an die Thatsache, „daß gerade die tiefsten, also größten Gabeln unter allen, welche proportionale Dimensionen haben, am schwächsten tönen, hingegen die höheren, die kleineren, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze um so lauter tönen, je höher oder kleiner sie werden“; bei den sehr hohen Octaven nimmt allerdings die Tonstärke wohl wieder etwas ab, bleibt aber doch immer unverhältnißmäßig größer als bei den tieferen Octaven.“ Bei Stimmgabeln von gleichem Tone, aber verschiedenen Dimensionen, findet man allerdings, daß die mit größeren Dimensionen lauter tönen, was mit der gewöhnlichen Ansicht harmonirt. Es ist dabei auch noch die Thatsache zu erwähnen, „daß die hohen, meist unharmonischen, Obertöne, welche größere Gabeln hören lassen, besonders wenn sie mit härteren Körpern geschlagen werden, auffallend laut sind und auf große Distanzen gehört werden, selbst wenn der Grundton nur sehr schwach ist. An diesen lauten Obertönen kann man dann dieselbe Eigenthümlichkeit bemerken, wie an den hohen Grundtönen, daß sie nämlich sehr concentrirt oder klein sind; bei manchen derselben ruft der Gehöreindruck die Vorstellung wach, als wenn nur eine dünne, fadenförmige Säule im Innern der Zinken den Ton gäbe. Bemerkenswerth ist ferner, daß diese Obertöne bei den Gabeln mit hohen Grundtönen, selbst wenn sie mit hartem Hammer geschlagen werden, viel schwächer hervortreten, der Grundton hingegen sofort ebenso laut erscheint, als wenn die Gabel mit weichem Hammer geschlagen würde, was bei den tiefern Gabeln nicht der Fall ist.“ Ganz ähnliche Erscheinungen werden auch bei transversal schwingenden Stäben beobachtet.

Aus all diesen Thatsachen zieht Stern den Schluß, daß das Tönen oder Nichttönen von Stimmgabeln und einfachen Stäben nicht von der Größe ihrer Berührungsfläche mit der Luft abhängig ist. Indem er sich nun die Fragen vorlegt: „Warum tönen Stimmgabeln für sich allein nicht hinlänglich laut? und warum tönen hohe Gabeln lauter als tiefe, hohe Obertöne lauter als die Grundtöne?“ weist er zunächst darauf hin, daß die Größe der Schwingungsamplituden hierbei nicht in Frage kommen kann. Bei Stimmgabeln der Contra-, großen und kleinen Octave kann man die Amplituden leicht messen. Hält man nämlich eine größere schwingende Gabel vertical in die Nähe einer guten Lichtquelle so, daß das Licht die schmale Randfläche beider Zinken gleichmäßig trifft, und fixirt man die Zinken ihrer ganzen Länge nach, so erscheinen die Flächen derselben verbreitert, aber die Verbreiterungen, welche von den Schwingungen herrühren unterscheiden sich durch Glanz und Farbe scharf von dem mittleren Theile, und da die Schwingungen bei größeren Gabeln längere Zeit hindurch dauern, so kann mit dem Zirkel oder einem feinen Maßstabe eine Messung vorgenommen werden. Bei solchen Beobachtungen zeigt sich auch, daß die sichtbaren transversalen Schwingungen sich nie über die ganze Länge der Zinken und namentlich nie bis auf das Verbindungsstück derselben erstrecken. Bei dünneren Zinken sind die Schwingungen größer als bei dickeren, bei letzteren erstrecken sie sich aber tiefer hinab. Ferner sind die Schwingungen bei Gabeln mit tieferem Tone größer als bei solchem mit höherem Tone. Diese Thatsache zeigt die Unabhängigkeit der Tonstärke von der Schwingungsamplitude.

Daß die Zahl der Schwingungen in der Secunde nicht die Tonstärke bedingt, geht daraus hervor, daß durch Anwendung von Resonanzböden die Intensität tiefer Töne so verstärkt wird, daß wir sie laut hören.

Stern macht nun auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam, die für die aufgeworfene Frage von Belang sind. Zunächst erinnert er daran, daß man bei Platten und Stäben, und so auch bei Stimmgabeln, durch Klopfen ganz dieselben Klänge erhält, wenn man die Stöße longitudinal, als wenn man sie transversal führt, nur sind im ersteren Falle die hohen, im letzteren die tiefen Töne des Klanges

höher. „Läßt man den Gabelstiel an einem starken Zwirnfaden hängen, so entstehen bei dem leisesten Klopfen an jedem Punkte des Stieles, wenn die Gabel dabei auch nicht die geringste Bewegung zeigt, hohe Töne, die constant von dem Grundtone begleitet sind. Auch wenn man am Verbindungsstück noch so leise klopft, geschieht dasselbe um so deutlicher, je mehr der klopfende Stoß auf die Verlängerung der Hauptflächen der Zinken fällt, gleichgültig in welcher Richtung. Trifft er die senkrecht auf ersterer stehende Fläche, so hört man bei schwachen Klopfen nur hohe Obertöne, bei etwas stärkerem aber, oder bei rasch auf einander folgender Wiederholung der schwachen Stöße, auch den Grundton. Klopft man auf der Mitte der Concavität des Verbindungsbogens mit irgend einem schmalen Körper, z. B. einem Messerrücken, noch so schwach, so erscheint neben hohen Tönen ebenfalls sofort auch der Grundton. Alles das geschieht auch bei Gabeln mit kurzen dicken Zinken."

Auffallend ist ferner die Erscheinung, daß Stimmgabeln in der unmittelbaren Nähe des Ohres unverhältnißmäßig laut tönen. Das Nichttönen in einiger Entfernung entspricht keineswegs der natürlichen Abnahme der Einwirkung der Schwingungen auf das Ohr mit der Entfernung. „Man findet nämlich schon zwischen tiefen und hohen Gabeln einen auffallenden Unterschied bezüglich der Abnahme der Tonstärke mit der Entfernung vom Ohre. Tiefe Gabeln tönen in der Nähe des Ohres nur dann sehr laut, wenn die Enden der Zinken dem Ohre genähert sind; verschiebt man die Zinken, so daß ihre untern Abschnitte dem Ohre zunächst sind, so hat das schon dieselbe Wirkung, als hätte man die Gabel im Ganzen entfernt, der Ton wird nämlich auffallend schwächer und bei gänzlicher Entfernung vom Ohre nimmt die Schwächung noch rapider zu, dabei bleibt aber die Klangfarbe des Tones immer dieselbe. Bei hohen Gabeln ist dies Verhältniß complicirter. In der nächsten Nähe des Ohres hört man nämlich einen sehr schrillen, unangenehmen, durchdringenden Ton, der aber schon auf ein bis zwei Zoll Distanz einem Tone von ganz anderer Klangfarbe weicht. Der erstere nimmt in der That noch rascher ab, als tiefe Töne, während der letztere bei der Entfernung vom Ohre auffallend langsamer abnimmt.

Besonders auffallend ist aber dieses Verhältniß bei den hohen Obertönen der Gabeln, die durch Stoß mit Metallmassen erregt werden, sowie auch bei allen durch specifisch „longitudinale Einwirkungen erzeugten Tönen und Klängen. Man kann sich nämlich bei diesen beiden Schallarten sehr leicht überzeugen, daß die Abnahme der Schallintensität mit der Entfernung der Schallquelle vom Ohre eine ganz andere, wesentlich von der bei transversal schwingenden Objecten verschiedene, weil weitaus langsamere ist."

Daran schließt sich noch eine Reihe von Erscheinungen, die sich auf das Verhalten der Resonanztöne beziehen, wenn zwei gleichgestimmte Resonanzkästen, oder besser noch ein Resonator und ein Resonanzkasten auf einander einwirken. Hält man einen Resonator mit seiner freien Mündung der des Resonanzkastens einer gleichgestimmten Gabel in einer Entfernung von etwa 2 Zoll gegenüber, so verschwindet bei hohen Gabeln die Resonanz und gleichzeitig entsteht im Innern des Resonators ein durchdringend lauter, aber von außen nicht hörbarer Ton. Bei tiefen Gabeln verschwindet die Resonanz nicht vollständig, sondern sie wird nur auffallend geschwächt; diese Schwächung beginnt bei 1/2 Zoll bis 1 Zoll Entfernung und erreicht ihr Maximum erst, wenn der Resonator schon zum Theil in den Kasten hineinragt. Diese Erscheinungen erklären sich durch Interferenz.

Ferner erwähnt Stern die Erscheinungen, welche sich einstellen, wenn man der Mündung einer tönenden Pfeife einen gleichgestimmten Resonator gegenüber hält. Bei offenen Labialpfeifen wird bei einer Entfernung von etwa einem Zoll der Grundton etwas verstärkt, bei weiterer Annäherung geht derselbe in die höhere Octave über. Letzteres geschieht auch, wenn man den Resonator vor die Lippenöffnung hält, und dies auch bei gedeckten Labialpfeifen. Zungenpfeifen verhalten sich ganz anders: ihre Tonhöhe wird durch Resonatoren gar nicht geändert, Schwächung der Töne tritt bei ihnen dann ein, wenn ein Resonator, gleichgültig von welcher Tonhöhe, der Mündung bis auf eine Linie genähert wird; in andern Fällen beobachtet man Verstärkung.

Endlich macht Stern noch auf das verschiedene Verhalten transversaler und longitudinaler Schwingungen im Bezug auf

ihre Resonanz erregenden Wirkungen aufmerksam. Die hohen Obertöne der Stimmgabeln, die man durch Klopfen mit harten Körpern erhält, werden nicht blos von dem eigenen Resonanzkasten der Gabel viel weniger verstärkt, als der Grundton, sondern auch von anderen, beliebig geformten Resonanzböden, und zwar von letzteren noch weniger als von ersteren. Bei Stäben wird der durch Streichen mit dem Bogen bei starkem Drucke hervorgerufene durchdringende Ton durch eine irgend wie gestaltete Unterlage nicht verstärkt; dasselbe gilt auch von den durch Klopfen mit einem Metallknopfe erregten hohen Tönen. Werden Stäbe durch longitudinales Streichen klingend gemacht und im Knotenpunkte mit einem beliebigen Resonanzboden in Contact gebracht, so bemerkt man deutlich, daß jedes secundäre Geräusch, z. B. das durch das Reiben bedingte, auffallend verstärkt wird, die Klänge des Stabes selbst aber kaum merklich, nur die tiefern Töne ein wenig.

Was nun die Beantwortung der gestellten Frage anlangt, so glaubt Stern, „*daß, wenigstens bei Stimmgabeln* (wahrscheinlich aber auch bei allen anderen Formen tönender Körper) *transversale Bewegungen an und für sich keinen Schall geben.* Da aber transversale Excursionen an und für sich immer entweder geradlinig oder . . . nahezu geradlinig sind, da eine geradlinige Bewegung immer nur einen einzelnen, wenn auch kräftigen Impuls abgiebt, im Gegensatz zur krummlinigen, die sehr viele, wenn auch sehr schwache Impulse abgiebt, so läßt sich obige Behauptung auch so ausdrücken: Ein einfacher Impuls afficirt das Gehörorgan noch nicht, sondern nur eine periodisch wiederkehrende Summe von Impulsen. Die transversalen oder geradlinigen Bewegungen sind überall ausnahmlos als Erreger longitudinaler Schwingungen für den Schall nothwendig und wirken ebensowohl auf den transversal schwingenden Körper selbst zurück, als auch auf allen anderen mit ihm in Contact stehende Stoffmassen, inclusive die Luft, indem sie in letzteren durch directe Stöße Verdichtungen und Verdünnungen, d. i. eigentliche Schallschwingungen erregen. Die Wirkung der transversalen Schwingungen bestehe sonach, indem sie Verdichtung und Verdünnung erregt, darin, daß sie die gradlinige Bewegungsform in eine krummlinige umsetzt. Haben sich alle geradlinigen

Bestandtheile einer Bewegung in krummlinige umgesetzt, so hört in der That die weitere schallbewegende Wirkung derselben auf. Hierin liegt der Unterschied zwischen einfacher Schallleitung und Schallverstärkung oder Resonanz." Die Stärke des secundär erregten Schalles hängt daher vorzugsweise von der Größe der transversalen Excursionen ab; daher werden auch die hohen Obertöne der Stimmgabeln, die man durch Klopfen mit harten Körpern erhält, vom Resonanzboden nur wenig verstärkt. Ebenso erklären sich die oben erwähnten Erscheinungen an Stäben, sowie die Thatsache, daß Stimmgabeln die an und für sich nicht tönen, doch laute Resonanz erregen und die Interferenzphänomene, die man beobachtet, wenn auf den Resonanzkasten einer Gabel ein Resonator wirkt.

Schließlich sucht Stern auch noch die Frage zu beantworten, warum bei Schwingungen, die durch longitudinale Impulse erregt werden, die bei transversalen Schwingungen auftretenden Interferenzerscheinungen fehlen, und warum die Töne von Labialpfeifen in Bezug auf Interferenz so sehr abweichen von den Tönen der Zungenpfeifen. Er weist zu dem Ende darauf hin, „daß auch die in der Luft unmittelbar erregten Schallschwingungen krummlinig sein müssen und nur in sofern geeignet seien, Resonanz zu erregen, als die im Allgemeinen krummlinigen Bahnen auch geradlinige Bestandtheile enthalten." Aus dem Wesen der Interferenz zieht er dann den Schluß, „daß sich nur geradlinige Bewegungen gegenseitig derart beeinflussen können, daß die Wirkung des Einflusses während der ganzen Dauer einer Schwingung gleichmäßig bleibt" ... und „daß mithin insbesondere die Schwächung eines Schalles durch Interferenz um so auffälliger sein wird, je größer die geradlinigen Bestandtheile seiner Schwingungen."

Optik.

Große Refractoren und Reflectoren.*)

In einer Studie über den großen Reflector der Sternwarte Melbourne untersucht Dr. Robinson, von theoretischen

*) Wochenschrift für Astronomie 2c. 1876, S. 105.

Gesichtspunkten ausgehend, das Verhältniß der optischen Leistungsfähigkeit von Reflectoren und Refractoren. Unter Annahme der Zahl 0,64 für das Reflexionsvermögen des Spiegelmetalles ergiebt sich, daß ein Reflector nur 0,40 des auffallenden Lichtes nutzbar macht. Die Reflexion an den Oberflächen eines achromatischen Objectivs dagegen bewirkt nur einen Verlust von 0,19, so daß 0,81 des auffallenden Lichtes durchgehen würden, wenn nicht im Glase eine Absorption stattfände. Directe Beobachtungen von Robinson mit Hilfe eines Zöllner'schen Photometers gaben folgende Zahlwerthe:

Objectiv von					Intensität des durchgegangenen Lichtes
$2^{3}/_{4}$	Zoll	Durchm.	von	Dollond	0, 55
$3^{4}/_{5}$	"	"	"	Tulley	0, 60
$3^{1}/_{4}$	"	"	"	" (franz. Glas) .	0, 66
$5^{1}/_{2}$	"	"	"	Cauchoix	0, 68
$3^{1}/_{5}$	"	"	"	Fraunhofer	0, 74
$5^{1}/_{2}$	"	"	"	Cooke (Glas v. Chance)	0, 79
5	"	"	"	Grubb " " "	0, 87
12	"	"	"	" " " "	0, 84

Aus den Zahlen ergiebt sich ein bedeutender Fortschritt in der Anfertigung astronomischer Objective seit Dollond's Zeit. Giebt man der ersten dieser Bestimmungen nur das Gewicht $1/2$, so erhält man als Mittelwerth die Zahl 0,73. Die Lichtmengen, welche in einem Spiegelteleskop und in einem Refractor von gleicher Oeffnung nutzbar gemacht werden, verhalten sich also wie 40 : 73 oder wie 1 : 1,81; sollen daher zwei solche Instrumente gleich lichtstark sein, so müssen sich ihre Oeffnungen wie 1,35 (d. i. die Quadratwurzel aus 1,81) : 1 oder ungefähr wie 4 : 3 verhalten.

Die Teleskope mit versilberten Glasspiegeln sind den mit Metallspiegeln versehenen bedeutend überlegen; es soll z. B. ein Foucault'sches Spiegelteleskop von 0,98 Meter Oeffnung dieselbe Lichtstärke haben wie der große Grubb'sche Reflector in Melbourne, dessen Spiegel 1,20 Meter Durchmesser hat.

Uebrigens scheint vielfach die Ueberlegenheit der Refractoren über die Spiegelteleskope noch bedeutender zu sein, als die von Robinson gefundenen Zahlen angeben. So rivalisirte der von Fraunhofer gebaute Dorpater Refractor (9 Par. Zoll

Oeffnung, 13 1/3 Fuß Brennweite) erfolgreich mit W. Herschels' 20füßigem Teleskope, dessen Spiegel 18 Zoll engl.*) Durchmesser hatte; namentlich war bei ersterem die Schärfe der Bilder größer. Auch der Pulkowaer Refractor hat sich in einzelnen Fällen dem Lassell'schen Spiegelteleskope überlegen gezeigt, das indessen bezüglich der Uranusmonde mehr geleistet hat.

Uebrigens zeigen manche Objecte bei der Beobachtung durch Fernröhre von verschiedener Kraft merkwürdige Anomalien. So nahm Winnecke den Nebel in den Plejaden mit einem 4zölligen Objectiv leicht wahr, dagegen mit dem 21füßigen Refractor in Pulkowa erst dann, als das Fernrohr bei 150facher Vergrößerung rasch hin- und her bewegt wurde „Die jetzt herrschenden Vorstellungen," bemerkt derselbe, „über die Sichtbarkeit von Nebeln in Instrumenten von geringeren Dimensionen bedürfen, zufolge meiner Erfahrung, noch der Berichtigung. Ein Kometensucher von 34 Linien Oeffnung und 15 maliger Vergrößerung scheint zu genügen, auch die schwächeren Nebel zu erkennen, vorausgesetzt, daß die Flächenausdehnung derselben nur eine genügende ist."

Unsere Quelle giebt noch folgendes Verzeichniß der größeren gegenwärtig in Thätigkeit begriffenen Teleskope; bei den angegebenen Maßen ist indessen nicht immer ganz sicher ob es englische sind oder französische.

Spiegelteleskope.

	Erbauer	Oeffnung		Brennweite	
Parsonstown	Lord Rosse	6	Fuß	55	Fuß
Lassell's	W. Lassell	4	"	37	"
Melbourne	Th. Grubb	4	"	28	"
Paris	Martin u. Eichens	4	"	22	"
Marseille	Foucault u. Eichens	2,7	"	15	"

Refractoren.

Washington	Alvan Clark	26	Zoll	33	Fuß
Virginia-Universität	"	26	"	—	"
Gateshead (Newall's)	Cooke	25	"	29	"
Chicago	Clark	18 1/2	"	23	"
Cambridge, Ver. St.	Merz	15	"	23	"
Pulkowa	"	14	"	21	"

*) 1 Fuß engl. = 0,30479 Meter, 1 Pariser Fuß = 0,32484 Meter.

Refractoren.

	Erbauer	Oeffnung		Brennweite	
Dun Echt	Grubb	15	Zoll	15	Fuß
Clinton	Spencer	13½	"	—	"
Albany	Fitz	13	"	15	"
Ann Arbor	"	12½	"	18	"
Paris	Secretan u. Eichens	12	"	15	"
Greenwich	—	12½	"	18	"
Cambridge, Engl.	Cauchoix	12	"	20	"
Dublin	"	12	"	—	"
Oxford	"	12	"	—	"
Bothkamp	Schröder	11	"	16	"
München	Merz	11	"	16	"
Kopenhagen	"	11	"	16	"
Madrid	"	10½	"	—	"
Moskau	"	10½	"	16	"
Marseille	Eichens	10	"	10	"

Den Reflectoren ist noch beizufügen das Foucault'sche Teleskop von 0,8 Meter Spiegeldurchmesser, das seit 1. Februar dieses Jahres auf der Sternwarte Toulouse aufgestellt ist.*)

Besonders bemerkenswerth unter den aufgeführten Spiegelteleskopen ist das erst kürzlich vollendete große Pariser, zu dem schon L. Foucault den Plan entworfen hatte. Nach dem Tode dieses Physikers, der den französischen Sternwarten Teleskope mit versilberten Glasspiegeln von 40, 50 und 80 Centim. Durchmesser geliefert hat, übernahm Adolph Martin, den Foucault in seine Methoden eingeweiht hatte, die Herstellung des Spiegels, während der inzwischen verstorbene Mechaniker Eichens die übrige Construction besorgte. Die Oberaufsicht über das Ganze führte der Astronom Wolf. Anfang 1875 war der Spiegel fertig und im October desselben Jahres auch in den Haupttheilen das übrige Instrument. Das Rohr hat 7,3 Meter Länge und ein Gewicht von 2400 Kilogr., an seinem unteren Ende ist der 800 Kilogramm schwere parabolische Spiegel von 1,2 Meter Durchmesser angebracht. Das Ocular befindet sich, nach Newton's System, am oberen Ende; das große von Th. Grubb construirte Spiegelteleskop der Sternwarte in Melbourne dagegen ist nach Cassegraine's System gebaut, die Beobachtung erfolgt von unten aus durch eine im Spiegel angebrachte Oeffnung. Das Pariser Teleskop ist äqua=

*) Bericht von Tisserand in den Comptes rendus 1876, avril 17.

torial montirt und wird durch ein Uhrwerk mit Foucault'schem Regulator bewegt. Das Totalgewicht beträgt 10000 Kilogr., die Gesammtkosten belaufen sich auf 190,000 Franken.*)

Dem obigen Verzeichnisse von Refractoren ist noch ein neuer Merz'scher Refractor von 9 Par. Zoll Oeffnung und 116¾ Zoll Brennweite beizufügen, der für die Sternwarte in Quito bestimmt ist.**)

Spectralanalyse.

Ein neues Mikrometer zur Positionsbestimmung von Linien in der Spectralanalyse***) hat W. M. Watts auf die Weise hergestellt, daß er eine bestimmte Spectrallinie anstatt des schwierig sichtbaren Fadenkreuzes anwendet und nun die Lage der unbekannten Linien derart bestimmt, daß er diese Normallinie der Reihe nach mit ihnen zusammenfallen läßt. Recht bequem läßt sich dazu die fast immer vorhandene Natriumlinie verwenden. Zu dem Zwecke wird eine convexe Linse von etwa 6 Decimeter Brennweite, welche zwischen Prisma und Beobachtungsfernrohr steht, rechtwinklig zur brechenden Kante des Prismas zerschnitten. Während nun die eine Hälfte der Linse fest bleibt, wird die andere mittels einer Mikrometerschraube soweit verschoben, bis die zu bestimmende Linie mit der Normallinie coincidirt. Um die Ablesungen an der Mikrometerschraube auf Wellenlängen zu reduciren, hat Watts auf Grund sorgfältiger Beobachtungen des Sonnenspectrums eine Anzahl Interpolationscurven für verschiedene Normallinien construirt, und zwar in solchem Maßstabe, daß ein Wellenlängenunterschied von 100 Zehnmilliontel eines Millimeters durch eine Länge von etwa 10 Centim., ein Schraubenumgang durch 2½ Centimeter repräsentirt ist. Um die Natriumlinie 5892 mit der Thalliumlinie 5349 zur Coincidenz zu bringen sind 21,91 Umdrehungen der Schraube nöthig.

Zur Prüfung der Genauigkeit des Instruments bestimmte Watts die Wellenlängen der hellen Linien im Lichte bren-

*) Beschreibung mit Abbildung in Nature XIII, p. 229.
**) Carl's Repert. der Exper.-Physik, XI, S. 89.
***) Poggend. Ann. Bd. 156. S. 313.

nender Magnesia und erhielt die nachstehend unter A verzeichneten Werthe, während sich früher mit einem Browning'schen „automatic spectroscope“ mit sechs Prismen in Verbindung mit einem Bifilar-Mikrometerocular die Werthe B ergeben hatten:

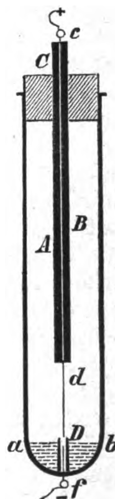
A	B
5006,0	5007
4996,0	4997
4985,5	4986
4974,5	4975
4963,5	4963
4948,5	4948
4934,	4934
4924,	4918
4914,	

Die unter B mit 4918 angegebene Linie ist für Messungen mit dem großen Spectroskope zu schwach.

Um die Verwendbarkeit für schwache Spectren zu prüfen, wurde eine sehr schwache Linie gemessen, die durch schwache elektrische Entladungen in einer mit Leuchtgas gefüllten Geißler'schen Röhre erhalten wurde und deren Wellenlänge vorher mit einem Spectroskop von drei Prismen gleich 5195 gefunden worden war. Zwei Bestimmungen gaben übereinstimmend 5196.

Es wird einestheils die Bequemlichkeit, anderntheils die Genauigkeit dieses Instrumentes gerühmt.

Fig. 15.



Spectro-electrische Röhre oder Fulgurator von B. Delachanal und A. Mermet. Zur Beobachtung der Spectren von metallischen Lösungen haben Delachanal und Mermet einen Apparat beschrieben, den uns Fig. 15. zeigt.*) Er besteht aus einem 11 Centimeter hohen und 1,5 Centim. weiten

*) Comptes rendus, LXXXI, p. 726. Eine ältere Form des Fulgurators ist in Poggend. Ann. Bd. 155, S. 474 beschrieben.

Glasrohre A von der Form eines Reagenzglases, in dessen Boden die eine Platinelektrode f eingeschmolzen ist. Ueber das innere Elektrodenende ist eine kleine, etwas konische Capillarröhre D von 1 Centim. Länge lose geschoben, dieselbe um etwa 0,5 Millim. überragend. Dieser untern Elektrode gegenüber steht das freie Ende des dünnen Platindrahtes cd, welcher durch das Haarröhrchen B geht, das in dem Korke C festsitzt. Die zu untersuchende Flüssigkeit wird in das Glas A gegossen, so daß sie ungefähr bis zur halben Höhe des Röhrchens D steht; sie zieht sich dann bis zur Spitze von D empor und bildet hier einen unbeweglichen Tropfen, der in elektrischem Lichte glänzt, wenn man durch c und f einen Inductionsstrom leitet. Man kann auf diese Art die Erscheinung lange Zeit ohne Unterbrechung beobachten.

Als besondere Vorzüge des Apparates werden angegeben:

Feste Lage des Funkens, eine längere Beobachtung gestattend;

Beseitigung des Meniscus und der Absorptionen in Folge theilweiser Verdeckung des Funkens;

Einschließung der Elektroden in eine besondere Röhre und damit Schutz gegen corrosive Dünste;

Möglichkeit, die untersuchte Substanz vollständig zu sammeln und

Möglichkeit, ein ganzes System spectroskopischer Röhren aufzustellen, welches die Lösungen verschiedener Stoffe dauernd einschließt und rasche Demonstrationen und Vergleiche gestattet.

Eine Kette und einen Funkenapparat, um Funkenspectra jederzeit mit derselben Bequemlichkeit wie Flammenspectra herstellen zu können, hat R. Bunsen im ersten Abschnitte seiner „spectralanalytischen Untersuchungen"*) angegeben. Auf derartige Spectra ist man immer dann angewiesen, wenn die betreffenden Elemente sich in der verhältnißmäßig niedrigen Temperatur der nicht leuchtenden Gasflamme nicht in Dampf verwandeln; nur bei einer kleinen Zahl von Elementen ist aber die Gasflamme zu diesen Zwecken genügend.

Die bisher üblichen constanten Ketten haben viele durch

*) Poggend. Ann. Bd. 155, S. 230 u. 366.

das Auseinandernehmen und Reinigen bedingte Unannehmlichkeiten; deshalb hat Bunsen schon vor Jahren darauf aufmerksam gemacht, daß ein Gemisch von Kalibichromat mit Schwefelsäure die Salpetersäure in der Kohlezinkkette ohne Thonzellen mit Vortheil ersetzen kann. Leeson und Warrington haben später vorgeschlagen, diese Mischung bei Thonzellenketten in solchem Verhältnisse anzuwenden, daß das chromsaure Salz gerade hinreicht, um mit der Schwefelsäure Chromalaun zu bilden, der dann gerade das zu seiner Lösung nöthige Wasser findet. Dies giebt ein Gemisch von 1,33 Gewichtstheilen Kalibichromat, 1 Theil concentrirter wasserhaltiger Schwefelsäure und 6 Th. Wasser. Diese jetzt allgemein in Gebrauch gekommene Mischung ist indessen, wie Bunsen näher zeigt, für Ketten ohne Thonzellen nicht zweckmäßig; solche Ketten geben, was ihre Stromconstanz und Nachhaltigkeit anlangt, nur sehr unbefriedigende Resultate, weil die in der Flüssigkeit vorhandenen Säuren nicht ausreichen, um bis ans Ende der Action mit den bereits vorhandenen oder sich erst bildenden Basen lösliche Salze zu bilden, daher sehr bald Absätze auf den Erregerplatten entstehen, welche polarisirend wirken und den Strom hemmen.

Als zweckmäßigste Flüssigkeit für Ketten ohne Zellen ergab sich eine aus 1 Th. Kalibicchromat, 2 Th. wasserhaltiger Schwefelsäure und 12 Wasser zusammengesetzte. Zur Herstellung von 10 Liter dieser Flüssigkeit giebt Bunsen folgende Vorschrift: „0,765 Kilogr. käufliches pulverisirtes Kalibichromat, das an 3 Proc. Verunreinigungen zu enthalten pflegt, werden in 0,832 Liter Schwefelsäure von 1,836 specifischem Gewicht, die sich in einem Steingutgefäße befinden, allmälig unter Umrühren eingetragen und, wenn das Salz in Chromsäure und schwefelsaures Kali umgesetzt ist, 9,2 Liter Wasser unter fortwährendem Umrühren als fingerdicker Strahl hinzugegossen; der bereits sehr heiße Krystallbrei erhitzt sich dabei noch mehr und löst sich nach und nach vollständig auf."

Als Erreger wandte Bunsen einen 12 Centim. tief eintauchenden, 4 Centim. breiten und 1,3 Centim. dicken Stab von der festesten Gaskohle und eine ebensotief eintauchende, ebenfalls 4 Centimeter breite, 0,5 Centim. dicke, gewalzte Zinkplatte, welche mit Ausnahme ihrer der Kohle zugekehrten

amalgamirten Seite überall mit einer warm aufgestrichenen Wachsschicht überzogen ist. Die Entfernung zwischen Zink und Kohle beträgt 3 bis 10 Millimeter. Die Gefäße, in welche diese Erreger zu stehen kommen, müssen mindestens 3 bis 4mal soviel Rauminhalt haben, als die der Grove'schen Elemente; am besten giebt man ihnen die Form schmaler hoher Cylinder, die bei der Aufstellung keinen größeren Flächenraum einnehmen als gleich wirksame Elemente mit Thonzellen. Bei der a. a. O. abgebildeten Kette von 4 Elementen beträgt die Höhe der Flüssigkeit 0,28 Meter und ihr Durchmesser 0,88 Meter. Das Zinkkohlepaar taucht etwa bis zu seiner halben Höhe ein mit einer wirksamen Zinkfläche von ungefähr 48 Quadrat-Centim. „Wird diese Kette durch einen Schließungsbogen von geringem Leitungswiderstande geschlossen, so sieht man in der rothen Flüssigkeitssäule einen dunkler gefärbten Flüssigkeitsfaden, welcher von der sich lösenden Zinkplatte ausgeht, zu Boden sinken und sich in Gestalt einer ziemlich scharf begrenzten Schicht im untern Theile der Glaszelle ansammeln. Die ursprüngliche Flüssigkeit hat das specifische Gewicht 1,140, die mit Zinkvitriol beladene, am Boden angesammelte dagegen 1,272; die elektrolytisch verbrauchte Flüssigkeit sinkt daher stetig zu Boden und wird fortwährend durch seitlich zuströmende noch nicht elektrolytisch veränderte ersetzt, wodurch sich eine Circulation herstellt, welche von wesentlichem Einflusse auf die Constanz des Stromes ist."

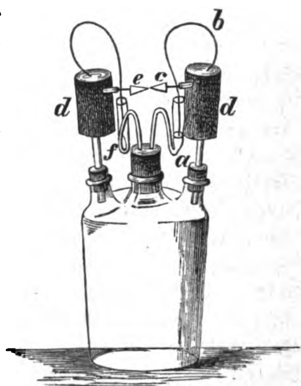
Was die elektromotorische Kraft dieser Kette anlangt, so giebt Bunsen an, daß sie erheblich größer sei als bei allen Apparaten mit Thonzellen; bei vergleichenden Versuchen mit einer Chlorsilber-, einer Daniell'schen, einer Grove'schen, einer Zinkkohlen- und Chromsäurekette ergaben sich für die elektromotorische Kraft die Mittelwerthe 7,16; 10,67; 18,45; 18,58; und 20,94. Das Verhältniß der Leitungswiderstände einer Grove'schen und einer Chromsäurekette von gleicher Oberfläche ergab sich gleich 0,6401 : 0,5575.

Der Zinkverbrauch ist auch in der ungeschlossenen Chromsäurekette „gleich anfangs reichlich von der Ordnung desjenigen, welcher bei der Stromerzeugung in geschlossener Kette erfordert wird." Deshalb ist es erforderlich, der Kette eine solche Einrichtung zu geben, daß bei jeder Stromunterbrechung die Er-

regerplatten aus der Flüssigkeit gehoben werden. Zu dem Zwecke sind diese Platten an einem Rahmen befestigt, der oberhalb der Flüssigkeitsgefäße in dem Gestell seine Führung findet und durch einen Handgriff auf- und abwärts bewegt werden kann; das Gewicht des Rahmens und der Platten ist durch ein Gegengewicht compensirt. Die Zinkplatten sind aber an Kupferstreifen angelöthet, gegen deren andere platinirte Enden die Kohlenstäbe mittels Klemmschrauben angepreßt werden. Soll die Amalgamation der Zinkplatten erneuert werden, so bringt man das bis zur richtigen Höhe mit Quecksilber und darüber mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Amalgamirgefäß unter die Zinkplatte, die mittels des erwähnten Handgriffes aus ihrem Glasgefäß gehoben worden ist, und hebt dasselbe langsam empor bis die Zinkplatte den Boden berührt. Das abtropfende Quecksilber sammelt sich in kleinen porzellanenen Untertassen, mit denen man die Glaszellen während des Nichtgebrauchs der Kette bedeckt.

Die Poldrähte, welche etwas spiralförmig gewunden sind, damit sie der Bewegung beim Niederlassen der Platten nachgeben, führen den inducirenden Strom, von welchem eine Abzweigung den Stromunterbrecher in Thätigkeit setzt, zu einem Rühmkorff'schen Inductor, dessen Inductionsrolle nahezu 20 Centim. Durchmesser und 50 Centim. Länge besitzt Der inducirte Strom gelangt dann zu dem in Fig. 16 dargestellten Funkenapparat. Als Stativ desselben dient eine dreihalsige Flasche. Der Inductionsstrom geht von dem Quecksilbernäpfchen a durch den Draht b zu der auf einem zugespitzten Platindrahte steckenden Kohlenspitze c, von der er zu der andern Spitze e überspringt und in das mit dem andern Ende der Inductionsrolle verbundene Quecksilbernäpfchen f gelangt. Die Platindrähte, welche die Kohlenspitzen tragen, sind von an-

Fig. 16.



geschmolzenen Glasröhren umgeben, die sich in den Durchbohrungen der Korke dd mit sanft gleitender Bewegung um ihre Achse drehen lassen, diese Korke selbst stecken wieder auf Glasröhren und lassen sich auf- und abbewegen, sowie um ihre Achse drehen. Auf diese Weise gelingt eine rasche exacte Einstellung der Kohlenspitzen vor dem Spalte des Spectralapparates. „Die Beobachtung der Funkenspectra selbst geschieht in der Weise, daß man, während sich das Auge vor dem Beobachtungsfernrohre befindet, mit der linken Hand die am Boden stehende Kette in Thätigkeit setzt und mit der rechten den Funkenapparat, dessen Kohlenspitzen man ein für allemal die richtige Höhe gegeben hat, vor dem Spalte so einstellt, daß das Spectrum mit der Scala im Fernrohr coincidirt. Bei den Beobachtungen selbst läßt man den stets durch eine eingeschaltete Leidener Flasche verstärkten Funken am Besten in horizontaler Richtung vor dem senkrechten Spalte überschlagen; die Schlagweite des zwischen stumpfen Platinspitzen überschlagenden Funkens beträgt 1 bis 2 Centimeter."

Für die Herstellung der zur Aufnahme von Flüssigkeitsprobe bestimmten Kohlenspitzen giebt Bunsen folgende Vorschrift: „Als Material dient die im Handel allgemein verbreitete nicht zu lockere Zeichenkohle. Um sie leitend zu machen, setzt man eine große Anzahl der Kohlenstängelchen in einem bedeckten Porzellantiegel, der sich, allseitig mit Kohlenpulver umgeben, in einem größeren, ebenfalls bedeckten Thontiegel befindet, längere Zeit der größten Weißgluth aus. Die dadurch leitend gewordenen Stängelchen werden mit einem Bleistiftschärfer zugespitzt, und der kleine so hergestellte Kohlenconus mit einer feinen Uhrmachersäge abgeschnitten. Fünfhundert solche Kohlenspitzen können leicht von einem Arbeiter in einem Tage gefertigt werden, so daß man sich einen zu langjährigen Beobachtungen ausreichenden Vorrath davon ohne Schwierigkeit verschaffen kann. Aus den Kohlenspitzen ist jetzt noch der Gehalt an Kieselerde, Magnesia, Mangan, Eisen, Kali, Natron und Lithion zu entfernen. Man kocht zu diesem Zwecke an tausend Kohlenspitzen auf einmal zuerst mit Fluorwasserstoffsäure, dann mit concentrirter Schwefelsäure, dann mit concentrirter Salpetersäure und endlich mit Salzsäure je zu wiederholten Malen aus, indem man zwischendurch jede dieser Säuren durch Auskochen und

Abspülen mit Wasser entfernt. Nach dieser Behandlung sind die Kohlenspitzen, nachdem sie an ihrer Basis mit einem den Platinspitzen entsprechenden Loche mittels eines feinen dreikantigen Spitzbohrers versehen sind, zum Gebrauch fertig. Für jeden Versuch steckt man nun Kohlen auf die Platinspitzen und bewirkt die Imbibition derselben mit der zu prüfenden Salzlösung mittels eines hohlen, capillaren Glasfadens, nöthigenfalls unter gelinder Erhitzung mittels einer kleinen Gasflamme. Ein solcher Kohlenconus wiegt ungefähr 0,015 Gramm und kann mehr als sein eignes Gewicht an Flüssigkeit aufnehmen. Die damit erhaltenen Funkenspectren sind von sehr langer Dauer, so daß bei dem völlig imprägnirten Kohlenspitzen ein Nachfüllen mit den capillaren Glasfäden erst nach längerer Zeit nöthig wird. Die mit den reinen, Funkenspectren gebenden Lösungen getränkten Kohlenspitzen, sowie diese Lösungen selbst, werden in etiquettirten Gläschen aufbewahrt, um jederzeit die normalen Spectren zur Vergleichung herstellen zu können." Um den Spalt des Instrumentes vor den durch die Funken verspritzten Flüssigkeitstheilchen zu schützen, wendet man ein Glimmerblättchen an, das leicht entfernt und gereinigt werden kann.

Im zweiten Abschnitte seiner Arbeit giebt dann Bunsen eine nähere Beschreibung der Funkenspectra, Flammenspectra und Absorptionsspectra der Elemente.

Stoffe, deren Spectra schon bei niederen Temperaturen erscheinen, werden am zweckmäßigsten in der Gasflamme, nicht im Funken beobachtet; es gehören hierher die Spectra der Alkalien, alkalischen Erden, des Indiums, Thalliums und einige andere. „Solche Spectra werden in vollendetster Form erhalten, wenn man die zu prüfenden Perlen, um die höchsten Temperaturen zu erzielen, an der nicht zu einem Oehr umgebogenen äußersten Spitze eines haarscharfen Platindrahtes in den Schmelzraum der nicht leuchtenden Flamme bringt." Während die zuerst von Kirchhoff hervorgehobene Thatsache, daß die relative Intensität der einzelnen Linien bei Temperaturerhöhung der Lichtquelle sich nicht gleichmäßig ändert, Ursache davon ist, daß die im Flammenspectrum als die relativ schwächsten auftretenden Linien im Funkenspectrum nicht selten als die lichtstärksten erscheinen, wie dies z. B. besonders auffallend beim Lithiumspectrum der Fall ist, begegnet man anderer-

seits der auf den ersten Blick befremdenden Erscheinung, daß bei manchen Stoffen das Flammenspectrum an Schärfe und Anzahl der Linien das Funkenspectrum bei weitem übertrifft. So kommen z. B. im Funkenspectrum die für das Flammenspectrum so charakteristischen Linien des Cäsium gar nicht, die des Rubidium kaum zum Vorschein. Diese Thatsache, welche zu der angegebenen Bevorzugung der Flammenspectra führt, erklärt sich leicht, wenn man erwägt, daß die weniger erhitzte glühende Flammensäule wegen ihren umfangreichen Dimensionen den Spalten Licht von erheblich größerer Intensität zuführt, als die auf die Funkenbahn beschränkte winzige Gassäule von unverhältnißmäßig höherer Temperatur.

Bei der Bildung der Funkenspectra ist es von Wichtigkeit, die Temperatur des Funkens nicht innerhalb zu weiter Grenzen wechseln zu lassen und die bei allen Beobachtungen beizubehaltende Spaltbreite so zu wählen, daß noch eine hinlängliche Sonderung der charakteristischen Linien stattfindet, ohne daß durch zu große Lichtschwächung die Deutlichkeit des Sehens beeinträchtigt wird. Bei Anwendung eines Prisma's verengt man am zweckmäßigsten den Spalt soweit, daß die beiden dem Chloryttrium eigenthümlichen Bänder im Roth sich bereits in deutlich unterscheidbare Liniencomplexe aufgelöst haben, und anderntheils giebt man dem zum Flaschenfunken benutzten Inductionsstrom eine solche Stärke, daß die Schlagweite der Funken zwischen stumpf zugespitzten Platindrähten ungefähr 1 bis 2 Centim. beträgt.

Im Allgemeinen müssen die Spectren der Elemente keineswegs immer mit denen ihrer Verbindungen identisch sein. „Zwar zeigt sich sehr häufig eine solche Identität, besonders bei denjenigen Elementen, deren glühende Dämpfe vorwiegend homogenes Licht aussenden; allein ob diese Identität wirklich besteht, oder eine scheinbare ist, hat trotz aller Bemühungen", wie Bunsen glaubt, „noch in keinem Falle mit wissenschaftlicher Strenge entschieden werden können." Für die Praxis ist indessen die Entscheidung dieser Frage unerheblich; es genügt, zur Erkennung der Elemente immer bestimmte Verbindungen zu nehmen. Bunsen hat zu den hier besprochenen Beobachtungen vorzugsweise Chlorverbindungen benutzt, die sich durch ihre Flüchtigkeit und die Leich-

tigkeit der Herstellung besonders empfehlen. Bei Gemengen dieser in den Flammen oder im Funken zu verflüchtigenden Chloride hängt es von der relativen Menge und Flüchtigkeit ab, in welche Reihenfolge ihre Spectra zum Vorschein kommen. „Wird einer nur bei höheren Temperaturen flüchtigen Substanz, welche für sich allein ein intensives Linienspectrum giebt, ein anderer, schon bei niederen Temperaturen flüchtiger, kein Spectrum gebender Stoff in steigendem Verhältniß beigemengt, so nimmt das Spectrum an Deutlichkeit allmälig ab, bis es am Ende nicht selten gar nicht mehr kenntlich ist. Haben beide Stoffe Linienspectren, so erhält man zuerst oft nur die Spectralreaction des leichtflüchtigeren Stoffes und sieht die des schwerflüchtigeren erst in dem Maße, als der leichtflüchtigere durch wiederholtes Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure und heftiges Erhitzen sich mehr und mehr verflüchtigt, in immer größerer Deutlichkeit hervortreten."

Die trockenen oder mit Salzsäure befeuchteten Kohlenspitzen des Funkenapparates geben nach gehöriger Reinigung für sich allein kein Spectrum; die bei Spectralbeobachtungen in der Luft überspringenden Funken zeigen daher nur Luftlinien, die deshalb auch, um Verwechselungen mit den Spectren der verschiedenen Elemente zu verhüten, in der von Bunsen gegebenen graphischen Darstellung S. 176 und 177 mit angegeben sind. In dieser Darstellung bedeutet übrigens f das Flammenspectrum, e das Spectrum des elektrischen Funken und a das Absorptionsspectrum.

Die Elemente der Alkaligruppe, deren Spectra in Nr. 1—6 dargestellt sind, lassen sich, wie ein Blick auf die Darstellung zeigt, viel besser durch das Flammen-, als durch das Funkenspectrum erkennen. So zeigt sich z. B. von den Linien des Chlorkaliums keine Spur im Funken, und von denen des Chlorrubidiums und Chlorcäsiums findet man nur schwache Andeutungen, während die Flammenspectra dieser Körper außerordentlich vollständig und schön ausgebildet sind. „Die Elemente der Alkaliengruppe sind daher stets in ihren Flammenspectren nachzuweisen."

Bunsen giebt a. a. O. noch näher an, wie man bei gleichzeitigem Vorkommen der verschiedenen Elemente dieser Gruppe kleine Spuren von Kalium, Rubidium und Cäsium

Fig. 17.

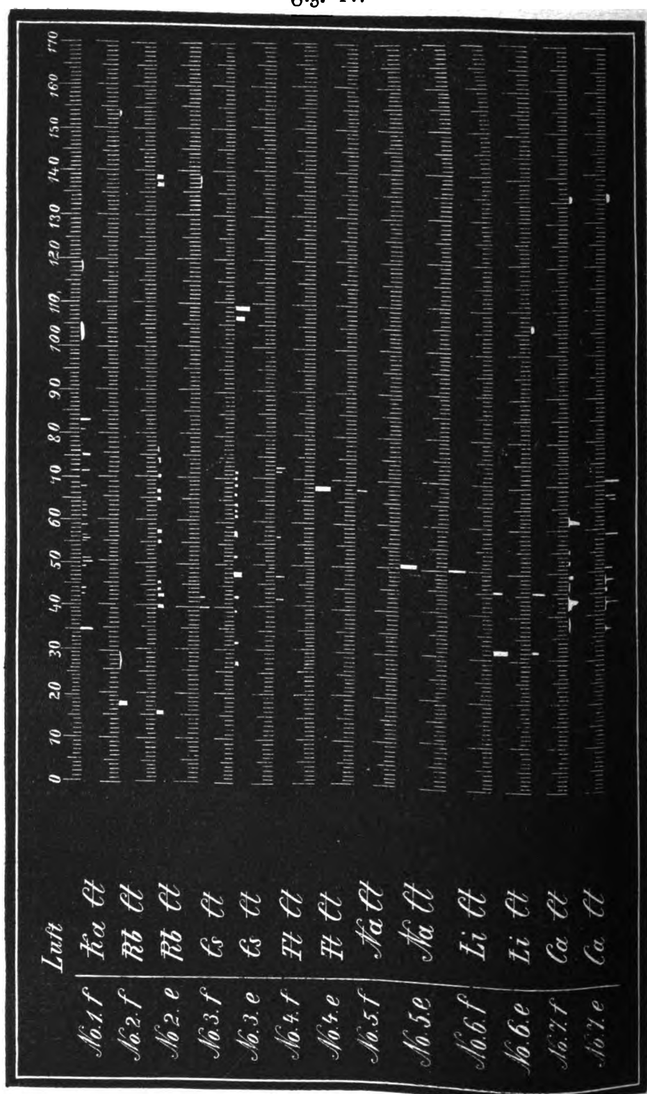

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170
Luft
No.1.f Ka Cl
No.2.f Rb Cl
No.2.e Rb Cl
No.3.f Cs Cl
No.3.e Cs Cl
No.4.f Tl Cl
No.4.e Tl Cl
No.5.f Na Cl
No.5.e Na Cl
No.6.f Li Cl
No.6.e Li Cl
No.7.f Ca Cl
No.7.e Ca Cl

Fig. 17.

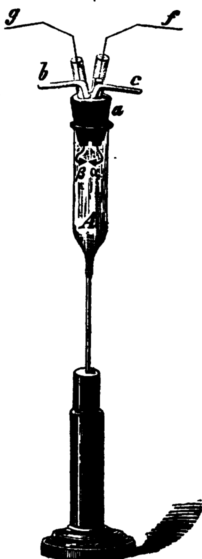

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170
No. 8.f Sr Cl
No. 8.e Sr Cl
No. 9.f Ba Cl
No. 9.e Ba Cl
No. 10.e Mg Cl
No. 11.e Er Cl
No. 11.a Er NO
No. 11.f Er O
No. 12.e Yt Cl
No. 13.e Ce Cl
No. 14.e La Cl
No. 15.e Di Cl
No. 15.a Di SO
Sonnenlicht
A B C D Eb F G HH

zu erkennen vermag, was wegen der continuirlichen Spectra von Kalium und Natrium schwierig ist. Zu dem Zwecke fällt man die Chloride kalt in concentrirter Lösung mit Platinchlorid als Doppelchloride und kocht den Niederschlag 20 bis 30 mal mit sehr wenig Wasser aus, das man nachher durch einfaches Abgießen entfernt. Nach jeder fünften bis sechsten Auskochung wird eine Probe davon genommen und vor dem Spectralapparate geprüft. „Man wischt zu diesem Zwecke einige Milligramm des Niederschlages auf ein kleines Stückchen befeuchtetes Filtrirpapier, umwickelt die mit dem Papier umhüllte Probe mit einem haarfeinen Platindraht und verflüchtigt sie, nach vorgängiger Verkohlung des Papiers in der höchsten Oxydationsflamme der nicht leuchtenden Lampe, in dem Schmelzraume der vor dem Spalt des Spectroskopes eingestellten Flamme. Nach den ersten Auskochungen zeigt sich gewöhnlich nur die Kaliumlinie neben den Linien des Natriums und Lithiums; nach weiter fortgesetzter Auskochung erscheinen allmälig immer deutlicher und vollständiger die Linien des Cäsiums und Rubidiums. Verschwindend kleine Spuren von Thallium, wie sie in manchen Soolwassern auftreten, beginnen erst gegen Ende der Auskochungen sich vorübergehend zu zeigen.“ Lithium, Thallium und Natrium sind auch in den kleinsten Quantitäten immer leicht erkennbar.

Nr. 7—10 zeigen die Spectra der Chloride der Elemente der alkalischen Erden: Calcium, Strontium, Baryum und Magnesium. „Die charakteristische Linie des Magnesiums Nr. 10, welche der Fraunhofer'schen Linie b entspricht, kommt in den Flammenspectren nicht zum Vorschein und tritt nur im Funkenspectrum auf, liegt aber dann einer bei 75 auftretenden Luftlinie so nahe, daß beide sich nicht mehr deutlich von einander unterscheiden lassen. Um das Magnesium erkennen zu können, muß daher die Luft, in welcher der Funke überspringt, durch Wasserstoff oder Leuchtgas ersetzt werden, was mit Hilfe des kleinen Apparates Fig. 18 bewerkstelligt wird. Das mit einem vierfach durchbohrten gut passenden Kautschukpfropfen verschlossene Glasgefäß A, in welchem sich die in Quecksilbernäpfchen eingeschmolzenen Platindrähte mit den Kohlenspitzen $\alpha\beta$ befinden, steht durch das unter dem Pfropf mündende Glasröhrchen b mit einem Döbereiner'=

schen Wasserstoffentwickelungsapparat in Verbindung, mittels dessen die aus c entweichende Luft durch Wasserstoff ersetzt wird. Auf o steckt ein Kautschukröhrchen, das nach Austreibung der Luft mit einem Glasstäbchen verschlossen wird. Der feine Zuleitungsdraht f führt den Strom durch das Quecksilbernäpfchen mit eingeschmolzenem Platindraht zur Kohlenspitze *α*, von wo derselbe als Funke nach *β* überspringt und in den Ableitungsdraht g gelangt.

Fig. 18.



Bunsen giebt dann noch eine Anzahl Vorschriften zum Nachweise verschwindend kleiner Spuren einzelner Elemente.

Die Chlorverbindungen des Aluminiums und Berylliums zeigen weder im Funken noch in der Flamme Linien, die zur Erkennung brauchbar sind.

Nr. 11—15 zeigen die Spectra von Erbium, Yttrium, Cer, Lanthan und Didym; über die Darstellung des völlig neuen Materials hat sich Bunsen a. a. O. S. 375 u. f. weiter verbreitet.

Yttrium- und Erbiumchlorid geben keine Flammenspectra; doch giebt Erbiumchlorid ein brauchbares Funkenspectrum (Nr. 11 e); sicherer aber erkennt man dasselbe an dem Absorptionsspectrum Nr. 11a seiner Lösungen. „Das Erbiumoxyd gehört zu den wenigen Stoffen, die beim Glühen in fester Gestalt ein discontinuirliches Spectrum geben, dessen helle Linien Nr. 11f den dunkeln Streifen des Absorptionsspectrums entsprechen.“ Das Funkenspectrum Nr. 12e des Chloryttriums gehört zu den linienreichsten und schönsten.

Die Linien des Cerchlorürs Nr. 13e sind nicht sehr charakteristisch.

Chlorlanthan giebt kein Flammenspectrum, aber ein sehr linienreiches Funkenspectrum Nr. 14e.

Reines Chlordidym giebt im Funkenstrom nur bis 70 Andeutungen von Linien (Nr. 15e), die indessen zu schwach

sind, um sich zur Erkennung zu eignen; „dagegen gewährt das Absorptionsspectrum der festen oder gelösten Didymsalze ein so empfindliches und sicheres Kennzeichen für die Anwesenheit dieses Elementes, daß sich selbst noch kleine Spuren davon in allen durch fremde Stoffe nicht zu sehr gefärbten Flüssigkeiten erkennen lassen.“ Nr. 15a ist das Absorptionsspectrum eines 0,4 Millim. dicken Krystalles von schwefelsaurem Didymoxyd.

Thonerde, die nach einer von Bunsen S. 379 u. f. näher beschriebenen Methode gereinigt worden war und als Chlorid geprüft wurde, gab weder in der Flamme, noch im Funkenstrom ein Spectrum, das als Erkennungsmittel benutzt werden könnte.

Die Funkenspectra von Yttrium, Erbium, Didym und Lanthan sind auch von Rob. Thalén in Upsala einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen worden*). Er wandte dazu sehr reine, vom Prof. Cléve in Upsala hergestellte Präparate an und bediente sich eines Spectroskopes mit 6 Flintglasprismen mit brechenden Winkeln von 60°. Die Lage der hellen Linien im Bezug auf die Linien des Sonnenspectrums wurde zweimal registrirt und dann aus dem Angström'schen Atlas die Wellenlänge entnommen. Wegen der Schwäche der hellen Linien war es aber nicht möglich, gleichzeitig das Spectrum der Sonne und des elektrischen Funkens in das Gesichtsfeld des Fernrohres zu bringen; es wurde deshalb erst das Funkenspectrum beobachtet und der Faden des Fadenkreuzes mit einer hellen Linie zur Coincidenz gebracht, worauf das Sonnenlicht eingeführt und die Lage des Fadens unter der Fraunhofer'schen Linie bestimmt wurde. Da bei Anwendung gewöhnlicher Fäden im Fernrohre im Sonnenspectrum eine große Anzahl störender Interferenzlinien auftraten, so wandte Thalén statt des Fadenkreuzes einen sehr feinen Glasfaden an, der in eine bis zur Mitte des Gesichtsfeldes reichende Spitze ausgezogen war und welcher genau in die Verlängerung der Linien eingestellt wurde. Die Verbrennung der zur Untersuchung verwendeten Chlorverbindungen

---

*) K. Vetenskaps Academiens Handlingar. Vol. 12, Nr. 4. Stockholm 1873. Carl's Repertorium der Exper.-Physik. Bd. 11, S. 241.

wurde mittels eines großen Rühmkorff'schen Apparates ausgeführt, als Elektroden dienten Aluminium- oder Platindrähte. Die Linien der Atmosphäre, der Elektroden und des Chlors mußten daher eliminirt werden. Für die Elimination der Chlorlinien benutzte Thalén Anfangs den „**Index of Spectra by W. Marshall Watts**“ (London, 1872), welcher Plücker's Bestimmungen enthält; doch fand er es nachher gerathener, die Wellenlängen der Chlorlinien mittels einer Geißler'schen Röhre, die blos Chlor und Wasserstoff enthielt, neu zu bestimmen. Es ergaben sich dabei nicht unbeträchtliche Abweichungen, wie die folgende Tabelle an einigen Beispielen zeigt. Dieselbe giebt unter λ die Wellenlängen verschiedener Chlorlinien in Zehnmilliontelin eines Millimeters nach Thalén's Bestimmung, unter i ihre Intensitäten, wobei 1 die stärksten, 6 die schwächsten Linien bedeutet, und unter d die Differenzen zwischen den Plücker'schen und den Thalén'schen Messungen.

Chlorlinien.

λ	i	d	λ	i	d	λ	i	d	λ	i	d
5455,5	4	+ 4,5	5220,0	2	— 8,0	4994,0	3	+ 4,0	4817,7	1	+ 7,3
5443,5	3	+ 0,5	5216,5	1	— 11,5	4923,5	2	+ 6,5	4809,7	1	+ 4,3
5423,0	2	— 1,0	5102,7	2	— 1,7	4916,5	2	+ 7,5	4793,7	1	+ 7,0
5391,5	2	— 6,5	5098,2	3	— 0,8	4903,2	2	+ 3,8	4779,5	4	+ 6,5
5355,0	5	— 9,0	5077,0	1	0,0	4895,5	2	+ 3,5	4704,5	4	+ 6,5

Die neueren Untersuchungen haben in den erwähnten Elementen eine weit größere Zahl von Linien nachgewiesen, als man früher, wo keine so vollständige Trennung der einzelnen Körper möglich war, zu erkennen vermochte. Während im Jahre 1868 beim Yttrium 70, beim Erbium 10 und außerdem noch 12 gemeinsame Linien gefunden wurden, ergaben sich neuerdings beim Yttrium 106 und beim Erbium 63 Linien. Beim Didym war 1868 die Zahl der Linien 6, beim Lanthan 49, wozu noch 16 gemeinsame kamen; jetzt zählt man beim Didym 209, beim Lanthan 188.

Die folgende Tabelle enthält unter λ die Wellenlängen und unter i die Intensitäten der genannten 4 Elemente.

Hauptlinien des Yttrium, Erbium, Didym und Lanthan nach Rob. Thalén.

λ	i	λ	i	λ	i	λ	i
				Yttrium.			
6434,5	2	5986,5	1	5473,0	3	4785,8	3
6190,5	1	5970,5	1	5466,0	2	4681,5	4
6181,0	3	5662,0	1	5402,0	1	4673,5	3
6163,5	2	5580,5	2	5205,0	1	4643,0	2
6149,0	2	5576,0	3	5199,5	1	4526,5	3
6131,0	1	5544,5	3	5122,5	2	4422,0	2
6071,0	5	5543,0	3	5118,0	3	4374,0	1
6053,0	5	5526,5	2	5087,5	1	4309,0	1
6036,0	4	5509,0	2	5899,5	1	4176,5	2
6018,5	3	5496,0	1	4881,0	1	4167,0	3
6002,5	2	5479,5	3	4854,0	1		
				Erbium.			
6274,0	3	5982,5	1	5448,0	3	5334,0	2
6221,0	1	5651,0	3	5431,0	3	4993,0	3
6158,0	2	5587,5	2	5352,0	2	4935,0	3
6004,0	2	5555,0	1	5346,0	3	4785,8	2
5990,0	3	5476,0	1	5345,0	3	4374,0	5
				Didym.			
5620,0	3	5301,5*	4	4953,0	3	4634,0	3
5593,0	3	5292,5	3	4944,0	2	4580,0	3
5515,0	3	5272,5	3	4901,0	2	4450,0	3
5492,5	3	5248,5	3	4895,5	3	4434,0	3
5484,5	3	5199,5*	3	4890,5	3	4303,0	3
5319,0	3	5192,0	3	4832,5	2	4109,0	3
5310,5*	4	5129,5	2	4668,5	3		

λ	i	λ	i	λ	i	λ	i
			Lanthan.				
6392,5	2	5182,5	1	4668,0	2	4330,0	1
6249,0	2	4920,8	1	4662,5	1	4295,0	1
5929,0	2	4920,0	2	4661,0	2	4286,0	1
5769,0	2	4899,0	1	4654,5	2	4268,0	1
5500,5	2	4860,0	2	4619,0	2	4263,0	2
5454,5	2	4823,0	2	4612,5	2	4238,0	1
5381,0	2	4808,0	2	4579,5	1	4216,0	2
5380,3	2	4803,0	2	4573,5	2	4196,0	1
5375,5	2	4747,0	2	4557,5	1	4151,0	1
5339,5	2	4741,5	2	4525,5	1	4121,0	1
5302,5	2	4738,5	2	4522,0	2	4086,0	1
5301,8	2	4702,0	2	4430,0	2	4076,5	1
5301,0	2	4691,5	2	4382,5	1	4042,0	2
5187,5	2	4670,5	2	4354,0	1		

Charakteristisch für das Yttrium sind die Liniengruppen zwischen 6190,5 und 5970,5; die Linien 5087,5 bis 4854,0 wurden früher als dem Yttrium und Erbium gemeinsam betrachtet, Thalén fand sie aber nur in ersterem Körper.

Für das Erbium sind die Gruppen 6004,0 bis 5982,5 und 5352,0 bis 5334,0 ganz charakteristisch; die beiden letzten Erbiumlinien 4785,8 und 4374,0 scheinen wirklich mit Yttriumlinien zusammenzufallen.

Die mit * bezeichneten Didymlinien sind breit; die Linien 4901,0 und 4882,5 fallen beinahe, aber nicht ganz mit Yttriumlinien zusammen.

Ebenso fällt die Lanthanlinie 4899,0 beinahe mit einer Yttriumlinie zusammen.

Ueber die Absorptionsspectra verschiedener Farbstoffe, sowie über Anwendung derselben zur Entdeckung von Verfälschungen hat sich Herm. W. Vogel in Berlin verbreitet*). Gegenüber dem durch

*) Ber. der deutschen chem. Gesellsch. 1875, S. 1246 und 1533. Dingler's polytechn. Journal Bd. 219, S. 73 und 532.

Sorby's Publicationen verbreiteten Irrthume, als bedürfe man zu solchen Untersuchungen eines Mikrospectroskopes oder sonst eines kostspieligen Instrumentes, betont Vogel, daß ein gewöhnliches Taschenspectroskop vollständig ausreichend ist.

Während seiner Reise nach den Nicobaren als Mitglied der englischen Sonnenfinsternißexpedition hat derselbe auch im Februar und März vor. Jahres photographische Spectralbeobachtungen im Rothen und Indischen Meere angestellt.*) Er bediente sich dazu einer Combination von Taschenspectroskop und Camera obscura, ähnlich dem S. 163 und 164 des vorigen Jahrg. dieses Jahrb. beschriebenen Apparate. Die Photographien der Sonnenspectra wurden auf Bromsilberplatten gewonnen, die mit Naphtalinroth gefärbt waren; dieselben waren sehr empfindlich für Ultraviolett, Violett bis Hellblau und für Gelb, aber erheblich weniger für Grün und nur ganz schwach empfindlich für Roth, so daß die Bilder über die Schwankungen im Roth allerdings keinen Aufschluß geben konnten.

Nach Bunsen und Roscoe (vergl. Jahrg. VII dieses Jahrb., S. 170) nimmt die chemische Intensität des directen Sonnenlichtes zu mit der Sonnenhöhe und ab mit wachsendem Barometerstande. Doch gilt dies nur für vollständig klaren Himmel; zarter Cirrus oder ein leichter Schleier von Dunstbläschen, die die Durchsichtigkeit der Atmosphäre sehr modificiren, schwächen auch die chemische Intensität des Sonnenlichts bedeutend. Diese Trübung der Atmosphäre machte sich namentlich im Indischen Ocean mit dem Vorrücken gegen Ceylon sehr stark geltend; trotz des scheinbar klaren Himmels glänzten Nachts die Sterne viel matter, als in Deutschland, und die chemische Wirkung war trotz der größeren Sonnenhöhe geringer als in nördlichen Breiten. Die Einwirkung einer ganz dünnen Dunsthülle zeigt die Vergleichung zweier Beobachtungen, die erste am 23. Febr. im Adriatischen Meere bei 40°56 Sonnenhöhe bei völlig klarer Luft, die andere am 1. März bei 49°78 Sonnenhöhe im Indischen Oceane. Ungeachtet der größeren Höhe und obgleich die blaue Farbe des Himmels durch die

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 319; über ähnliche Beobachtungen on Arthur Schuster im Himalaya vergl. Nature XIII, p. 393.

leichte Dunsthülle kaum geändert wurde, war doch die chemische Intensität im zweiten Falle nicht größer als im ersten.

Bei gleichbleibendem Wetter nahm dagegen an einem einzelnen Tage mit wachsender Sonnenhöhe auch die chemische Wirkung zu. „Früh 7 Uhr zeigt sich gewöhnlich eine Wirkung im Indigo und Blau, am kräftigsten bei G, nach F und H hin abnehmend und in der Regel von F und H verschwindend. Daneben zeigte sich stets eine sehr merkliche Gelbwirkung, am kräftigsten in D, sehr schnell im Orange abnehmend, langsam nach E im Grün hin. Eine Wirkung der ultravioletten Strahlen konnte um diese frühe Stunde zwischen Brindisi und Ceylon nicht wahrgenommen werden. Nur am 2. März (Rothes Meer 24° 3′ n. Br.), dem heitersten Tage der Reise und am 9. März (im Indischen Meere 11° 5′ n. Br.) trat eine Wirkung bis H″ deutlich hervor. Mit vorrückender Tagesstunde vermehrte sich die Intensität im Indigo ganz beträchtlich, im geringeren Grade im Grün und Gelb. Zugleich traten die ultravioletten Strahlen in Wirkung, um Mittags erreichte die Wirkung an allen Stellen die höchste Intensität. Nachmittags nahm die Wirkung in demselben Maße wieder ab. In gleichen Abständen von Mittag war die chemische Intensität in der Regel die gleiche, wenigstens in den Stunden von 9 bis 3 Uhr. Dagegen zeigte sich in der chemischen Wirkung 5 Uhr Nachmittags fast immer ein Unterschied von der chemischen Wirkung 7 Uhr Morgens“, jedoch keineswegs zu Gunsten der Ansicht, daß das Nachmittagslicht photographisch schlechter wirke, als Vormittagslicht. Diese Ansicht hält Vogel nur für die Atmosphäre der Städte für begründet, wo durch die mit dem Vorrücken des Tages sich vermehrenden gelblichen Rauch- und Staubmassen die Durchsichtigkeit der Luft für chemische Strahlen abnehmen muß. Auf dem Meere dagegen zeigt sich manchmal im Gelb wie im Blau Nachmittags 5 Uhr eine kräftigere chemische Wirkung als früh 7 Uhr. Im Allgemeinen war die Wirkung des Grün parallel mit der des Violett und Ultraviolett. Eine Abhängigkeit vom Luft- und Dunstdruck ließ sich jedoch nicht erkennen; auch übte nicht das Wasser in Gasform, sondern in Form von Bläschen den wesentlichen Einfluß auf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

Vogel hat ferner Anfang Juni 1875 das Licht der

blauen Grotte bei Neapel einer spectroskopischen Untersuchung unterworfen.*) Es ist dies eine geräumige, mit Seewasser gefüllte Felsenhöhle an der Küste von Capri, welche durch einen niedrigen, etwa 4 Fuß breiten und hohen Eingang, der sich tief unterm Wasser fortsetzt, mit dem Meere in Verbindung ist. Da die Sonne den Eingang nicht bescheint, so kommt kein directes Sonnenlicht in das Innere; das diffuse Licht, welches die Höhle erleuchtet, kommt meist aus dem Wasser und die von letzterem gebrochenen Lichtstrahlen zeigen eine prächtige azurblaue Farbe. „Es ist", schreibt Karl Vogt, „ein herrliches Schauspiel, dessen man im Innern genießt. Die Felswände freilich und die Decke der Grotte sind nicht so blau, als man sie oft gemalt sieht, sondern zeigen nur sanfte Reflexe, die nicht hinreichend sind, die ursprünglich graue Farbe der Felsen zu verdecken, — aber das Blau, welches aus dem Wasser hervorstrahlt, ist wirklich von himmlischer Schönheit und Reinheit und namentlich dann am auffallendsten, wenn man dem Eingange den Rücken wendet und mit dem Antlitz gegen den Grund der Grotte in das Wasser hineinschaut. Einen magischen Effect machen auch die Fische, welche darin herumschwimmen und die in der Nähe der Oberfläche hellsilbern glänzen, während sie in wenig Fuß Tiefe vollkommen schwarz erscheinen." Einen prächtigen Anblick gewährte es auch, als der „Grotten-Inspector" entkleidet aus dem Boote in's Meer sprang. „Der Kerl ist braun wie ein Bär — alle in das Wasser getauchten Theile erscheinen hellsilberweiß mit einem leichtbläulichen Ton, um so heller und weißer, je senkrechter die Oberfläche des Theiles im Wasser steht. Der ganze Körper strahlt wie der eines Seraph, wenn der Mann Wasser tritt; die von dem Eingange abgewandte Seite sieht dunkelbraun aus. Schwimmt er horizontal, so zeigt sich das Silberlicht auch nur auf den dem Eingange zugewandten Theilen. Aber nicht allein der menschliche Körper, auch Ruder und Stöcke zeigen dieselbe Erscheinung — dasselbe bläuliche Silberlicht auf allen dem Eingange so zugewandten Flächen, daß der dort gebrochene Lichtstrahl unser Auge trifft."**)

---

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 325.
**) Petermann's geogr. Mitth. 1866, S. 41.

Vogel fand nun in dem aus dem Wasser kommenden Lichte das Roth ganz verschwunden, das Gelb so erheblich erblaßt, daß die D-Linie kaum erkennbar war, dagegen Grün, Blau und Indigo hell; die beiden Linien E und b flossen zu einem deutlichen dicken Absorptionsstreifen zusammen.

Prophezeihung von Regen bei hohem Barometerstande mittelst des Spectroskopes.*) Der Königl. Astronom von Schottland, Piazzi Smyth, erzählt in einer Zuschrift an die Zeitschrift „Nature“, daß bei seiner Anwesenheit in einer Sitzung der Pariser Akademie (7. Juli 1875) Leverrier eine Periode trockenen Wetters angekündigt habe, kurz nach dem Beginn der schrecklichen Ueberschwemmungen im Süden Frankreichs. Der Pariser Astronom habe bemerkt, es seien alle schlechten Anzeigen verschwunden, das Barometer stehe hoch in England, und alle Wahrscheinlichkeiten kämen überein darin, schönes Wetter voraussehen zu lassen. Gleichwohl sei das Wetter von Tage zu Tage schlechter, finsterer und feuchter geworden und ganz abscheulich habe er es in London 14. bis 16. Juli gefunden. Dort nun sah er in einem Taschenspectroskop, nach welcher Seite des Himmels er es auch wenden mochte, einen breiten dunkeln Streifen auf der weniger brechbaren Seite der Fraunhofer'schen Linie D (589 Milliontel-Millimeter Wellenlänge), der solche Intensität besaß, daß er als der hauptsächlichste im Spectrum erschien. Obwohl tellurischen Ursprungs war er doch verschieden von den gewöhnlich und bei Sonnenuntergang auftretenden tellurischen Linien. Nach der Abreise aus London überzeugte sich Smyth, daß dieser Streifen nicht den absorbirenden Wirkungen des Rauches der Hauptstadt zuzuschreiben war, denn auch in Edinburg sah er am 17. Juli früh denselben Streifen bei herrlichem Wetter, durchsichtiger Luft, blauem Himmel und schwachem Südostwinde, sobald er sein Spectroskop auf einige im Norden nahe am Horizonte auftretende Wolken richtete, wogegen an anderen Stellen des Himmels das gewöhnliche Spectrum sichtbar war. So war es noch Nachmittags 2 Uhr; gegen 6 Uhr aber bedeckte sich der ganze Himmel mit Wolken, während das Barometer noch sehr hoch stand, und um 11 Uhr

*) Nature XII, p. 231, 252; XIV, p. 9.

begann der Regen, der die ganze Nacht und die folgenden zwei Tage anhielt. Während dieser ganzen Zeit blieb das Barometer hoch und alle Linien des Spectrums, mit Ausnahme von E, verwandelten sich in dunkle Streifen; der bei D war der charakteristische. Am 20. nahmen die anomalen Streifen ab, der Himmel begann sich zu klären; am 21. und 22. war das Wetter schön, das Spectrum normal. Der 23. brachte Regen aus Westen bei tiefem Barometerstande; das Spectrum blieb normal. Es scheint also dieser Streifen bei D zusammenzuhängen mit warmem Regen bei Ostwind und hohem Barometerstande.

Dieselbe Wahrnehmung hat, wie Smyth angiebt, auch P. G. Tait gemacht, welcher auch darauf aufmerksam gemacht hat, daß in Angström's Tafel sich an der betreffenden Stelle von 600 bis 588 Wellenlänge feine tellurische Linien angegeben finden, die aber weit weniger dunkel sind als die bei Sonnenuntergang auftretende Bande 583—568.

Polarisation, Doppelbrechung, conische Refraction.

Einen Polarisationsapparat mit rotirendem Zerleger hat Prof. E. Mach construirt und für Vorlesungsversuche vorzüglich geeignet gefunden.*)

Das Licht der Sonne oder der elektrischen Lampe geht durch ein Nicol N_1 und dann durch eine etwa 40 Centim. lange und 3 Centim. weite Röhre AB, welche an den Enden A und B in je drei Frictionsrollen läuft und durch ein Schwungrad und einen in der Mitte der Röhre angebrachten Schnurlauf in rasche Rotation um ihre Achse versetzt werden kann. Am Ende A wird ein Nicol N_2 mit einer Blendung k eingefügt, welche eine quadratische oder spaltförmige Oeffnung enthält. Am Ende B befindet sich ein um 6 bis 10° ablenkendes Crownglasprisma P, welches die aus der Röhre tretenden Strahlen in der Polarisationsebene von N_2 ablenkt. An das Ende B stellt man eine Linse L, welche von der Oeffnung der Blendung k auf einen Schirm S ein scharfes Bild entwirft. Wenn nun AB mit N_2, k und P rotirt, so

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 169.

sieht man das analysirte Bild zugleich mit dem Azimutwechsel des Zerlegers im Kreise herumgehen. Bei rascher Rotation sieht man also alle Bilder in einem Ringe neben einander, die mit den gebräuchlichen Apparaten sonst nur nach einander gesehen werden können.

Prof. Mach giebt noch einige instructive Vorlesungsversuche an, die sich mit diesem Apparate anstellen lassen.

1. Läßt man einfach durch N_1 linear polarisirtes Licht eintreten, so erhält man einen halben, an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen durchbrochenen Ring. Die Unterbrechungen werden matt oder verschwinden ganz, wenn man durch Einfügen einer Viertelundulationsplatte zwischen N_1 und N_2 das Licht in elliptisches oder circulares umwandelt.

2. Ein senkrecht zur Achse geschnittener Quarz, zwischen N_1 und N_2 eingeschaltet, giebt einen Ring, in welchem alle Farben des Quarzes neben einander geordnet sind. Der ganze Farbenkreis dreht sich, wenn man einen Soleil'schen Doppelkeil hinzufügt oder den Quarz senkrecht auf die Achse drückt.

3. Ein Gypsblättchen zwischen N_1 und N_2 eingeschaltet, mit den Hauptschwingungsebenen unter 45° gegen die Polarisationsebene von N_1, giebt einen hellen Ring, in welchem complementär gefärbte Theile durch weiße Ringstücke getrennt sind.

4. Noch mehr Versuche kann man anstellen, wenn man dem Prisma P noch ein Prisma P' mit gerader Durchsicht zufügt. Man kann P' so stellen, daß in dem hellen Ringe das Violett innen, das Roth außen erscheint, wobei natürlich eine Blendung k mit spaltförmiger, zur Dispersionsrichtung senkrechter Oeffnung verwendet wird. Die Einschaltung einer senkrecht zur Achse geschnittenen Platte eines rechts drehenden Quarzes giebt dann einen außen spectralrothen, innen violetten Ring, welcher von schwarzen Spiralen durchzogen ist, die von außen nach rechts innen laufen, wenn der Beobachter nach der Richtung BA sieht. Eine dünne achsenparallele Quarzplatte giebt unter gleichen Umständen einen farbigen Ring, in welchem sich, wegen der spectralen Auflösung, schwarze concentrische Ringsegmente befinden.

5. Mit geringen Aenderungen läßt sich der Apparat auch verwenden, um Dove's Nachahmung des unpolarisirten Lichtes oder v. Lang's Nachahmung des Kreuzes der Krystallinse und

der Haidinger'schen Büschel zu zeigen. Auch die Ringsysteme einachsiger Krystalle lassen sich mit Hilfe desselben nachahmen.

Mach hat eine Form des Apparates für subjective und eine andere für objective Demonstrationen angegeben; letztere fertigt der Mechanicus W. Albert in Frankfurt a. M., Neue Mainzerstr. 34.

Auch von W. Spottiswoode ist ein ähnlicher Apparat, wie der Mach'sche, construirt worden.*)

Ueber ein neues Polariskop hat Prof. W. G. Adams in der Londoner Physikalischen Gesellschaft berichtet. Bei Construction dieses Instrumentes wurde Gewicht darauf gelegt 1. ein ausgedehntes Gesichtsfeld zu erhalten, 2. die Ringe und die Winkel zwischen den optischen Achsen zweiachsiger Krystalle zu messen, 3. den zu untersuchenden Krystall in eine Flüssigkeit legen zu können, wenn die Achsen zu weit aus einander weichen, um in Luft gesehen zu werden. Diese Vortheile wurden erlangt durch Abänderung der Lage und Brennweite der gewöhnlich in den Polariskopen angewandten Linsen, so daß die Ringe am besten gesehen werden, wenn ein Abstand von 1¼ Zoll engl. zwischen den Linsen auf beiden Seiten des Krystalles ist. In diesem Raume wird eine runde Büchse mit tief plan-convexen Linsen angebracht, von denen die eine am Boden, die andere an der Decke der Büchse sitzt, so daß ihre krummen Flächen ein gemeinsames Krümmungscentrum haben, die ebenen Flächen aber einander zugekehrt sind und den Krystall zwischen sich einschließen. Diese Büchse läßt sich um eine durch das gemeinsame Krümmungscentrum gehende Achse drehen.**)

Das Helioskop von Prazmowski***) ist eine Vorrichtung zur Abschwächung des Sonnenlichtes durch Polarisation statt der farbigen Augengläser. Zwei rechtwinklige gleichseitige Prismen von nahezu gleichem Brechungsindex n werden mit der Hypotenuse an einander gekittet. Fällt nun ein Strahl rechtwinklig zu einer Kathete ein, so erfolgt an der Trennungsfläche eine Brechung nahezu unter dem Index 1 und unter 45°, also unter Umständen, welche die totale Reflexion begün-

*) Philos. Magazine 1875, June, p. 472. Nature XII, p. 99,

**) Nähere Beschreibung mit Abbild. nach Philos. Mag. 1875. July, p. 13 u. Poggend. Ann. Bd. 157, S. 297.

***) Comptes rendus LXXVII, p. 33.

stigen. Zwei solche würfelförmige Doppelprismen gestatten daher, wenn man das eine gehörig dreht, das Sonnenlicht beliebig abzublenden. Da aber der Mastix, mit welchem beide Theile verbunden sind, schmelzen würde, wollte man einen solchen Würfel in die Nähe des Brennpunktes eines Refractors bringen, so bringt Prazmowski statt dessen dort die unter 45° zur optischen Achse geneigte Fläche eines Crownglasprismas mit einem Winkel von 17° an, welche 0,092 des auffallenden Lichtes reflectirt, darunter 0,076 polarisirtes. Der kleine Würfel, durch den das Licht gehen muß, besteht aus Crownglas, $n = 1{,}5267$, und einem zweiten Prisma, für welches $n' = 1{,}54$ ebensogroß als für den Mastix ist, so daß sich für die Trennungsfläche der Index $\frac{n'}{n} = 1{,}0017$ ergiebt. Bei gekreuzten Flächen läßt das System nur den 831000sten, bei parallelen den 146700sten Theil des auffallenden Lichtes durchgehen.

Prüfung von Glas im polarisirten Lichte. Es kommt nicht selten vor, daß Glasgefäße plötzlich, ohne angebbare äußere Veranlassung zerspringen. Es liegt nun die Vermuthung vor, daß solche Glaswaaren sich in Folge rascher Abkühlung in einem Zustande innerer Spannung befunden haben, ähnlich wie die bekannten Bologneserfläschchen und die Glasthränen. In diesem Falle müssen sie aber im polarisirten Lichte Farbenerscheinungen zeigen, und es hat deshalb Prof. Ed. Hagenbach in Basel den Vorschlag gemacht, Glaswaaren vor'm Ankaufe im polarisirten Lichte zu untersuchen und diejenigen auszuscheiden, welche deutlich Farben geben.*)

Phasenveränderung des parallel zur Einfallsebene polarisirten Lichtes durch Reflexion. Bekanntlich wird die Phase des parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtes durch Reflexion in verschiedener Weise geändert, und jede Reflexion verwandelt daher einen linear, aber weder senkrecht noch parallel zur Einfallsebene polarisirten Strahl in einen elliptisch polarisirten. Für sehr viele Körper sind nähere numerische Bestimmungen bekannt,

*) Verh. der Basler Naturf. Ges. Bd. VI, Heft 2.

und es haben dieselben in den Cauchy'schen Reflexionsformeln einen zusammenfassenden Ausdruck gefunden, welcher den Phasenunterschied und das Amplitudenverhältniß der beiden Hauptcomponenten zu berechnen gestattet, wenn der Polarisationswinkel und das Hauptazimut bekannt sind. Nach diesen Formeln muß aber nicht nur der Phasenunterschied, welcher bei der Reflexion zwischen beiden Hauptcomponenten entsteht, anders sein für durchsichtige als für stark absorbirende Substanzen, sondern auch die Phasenveränderung, welche die parallel zur Einfallsebene polarisirte Componente allein erleidet. Die Versuche, den Werth dieser Phasenveränderung zu ermitteln, haben bisher kein sicheres Resultat ergebem. Auch die Versuche, welche Paul Glan in Berlin angestellt hat*), haben nicht zu diesem Ziele geführt. Sie zeigen aber, „daß die Reflexion an einem optisch dichteren Medium bei parallel zur Einfallsebene polarisirtem Lichte nicht nur das Vorzeichen der Amplitude umkehrt, sondern auch bei den stark absorbirenden Körpern die Phase für verschiedene Farben verschieden ändert.“ Daß sich keine Werthe für die Phasenveränderung ergeben, die der einzelne homogene Strahl erleidet, ist in der angewandten Methode selbst begründet. Es wurden nämlich die Newton'schen Farbenringe beobachtet, welche man durch Auflegen einer planconvexen Linse auf Platten von verschiedenem Material erhält. Nun hat aber schon Quincke gezeigt, daß man kein Mittel hat, eine unmittelbare Berührung mit Sicherheit herbeizuführen. „Dieselbe Linse und Platte, mehrmals in gleicher Weise sorgfältig gereinigt und auf einander gelegt, geben Ringe von verschiedenem Durchmesser, also ein Zeichen, daß auch die sorgfältigste Reinigung nicht alle Ursachen zu beseitigen vermag, die eine vollkommene Berührung hindern, und wir wissen so bei einem Kleinerwerden der Ringe nicht, wie weit es von einer Phasenveränderung, wie weit von einer unvollkommenen Berührung herrührt.“

Ueber die magnetische Polarisationsdrehung hat Henri Becquerel eine Untersuchung veröffentlicht**), deren Hauptzweck darin besteht, eine Beziehung zwischen der

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 235.
**) Comptes rendus LXXX, p. 1376.

Brechung und der Polarisationsdrehung aufzufinden bei Körpern, die wenig magnetisch, aber stark brechend sind.

Becquerel bediente sich hierbei eines sehr starken Elektromagneten, dessen Anker nach der Linie der Pole cylindrisch durchbohrt sind.

Die Messung geschah mit einem Jellett'schen Polarimeter. Dieses Instrument besteht*) aus einem langen Kalkspathprisma, welches durch Abschleifen der Enden in ein gerades Prisma verwandelt und der Länge nach durch eine auf seinem Hauptschnitt beinahe, aber nicht völlig senkrechte Ebene zerschnitten worden ist. Die beiden Theilungsstücke sind in umgekehrter Lage wieder vereinigt und auf jedem Ende ist ein Diaphragma mit kreisrunder Oeffnung angebracht. Das Licht, welches durch die beiden Diaphragmen gegangen, erzeugt ein kreisrundes Gesichtsfeld, das durch einen diametralen Schlitz in zwei Hälften getheilt wird, in denen die Polarisationsebenen schwach gegen einander geneigt sind. Wird planpolarisirtes Licht durchgelassen, so erlischt es in Lagen, welche dicht beisammen liegen, und in einer Lage mitten dazwischen wird das Licht gleichförmig. Diese Lage bestimmt nun die Ebene, in welcher das Licht polarisirt war, mit außerordentlicher Genauigkeit; nach Jellett's Angaben weichen verschiedene Beobachtungen um nicht mehr als 1′ von einander ab. Das Instrument ist auch bei homogenem Lichte anwendbar.

Als Lichtquelle benutzte Becquerel die monochromatischen Flammen von Natrium und Thallium und die Lithiumflamme, gesehen durch ein rothes Glas, um das orange Licht abzuhalten.

Bei dieser Anordnung konnten Körper von sehr geringer Dicke untersucht werden. Die Untersuchung erstreckt sich auf Flüssigkeiten und amorphe Körper, welche eine genaue Beobachtung gestatten, sofern sie durchsichtig sind; bei krystallisirten Körpern ist dies nicht der Fall und es sind von Becquerel nur einfach brechende untersucht worden.

Die ganze Untersuchung ist in zwei Theile gespalten, in deren erstem von Flüssigkeiten Wasser, Phosphorprotochlorür, Schwefelbichlorür, Schwefelprotochlorür, Schwefelkohlenstoff, Brom, Wasserstoffbisulfür, geschmolzener Schwefel (bei 115°)

*) Rep. of the British Assoc. for 1860. pt. II, p. 13.

und geschmolzener Phosphor (bei 35°), sowie von einfach brechenden Krystallen Steinsalz, Blende und Ziguëlin (Kupferoxydul) behandelt werden.

Merkwürdig ist die bedeutende magnetische Polarisationsdrehung, welche bei der Blende und dem Ziguëlin beobachtet wurde und das 17= und 45fache von der des Wassers betrug. Beim geschmolzenen Schwefel nimmt Drehung wie Brechungsindex rasch zu, wenn er erkaltet und dem Erstarrungspunkte nahe kommt, ein Umstand, den Becquerel bei Erörterung der Wirkung der Wärme auf die Polarisationsdrehung noch näher in Betracht ziehen will.

Im Allgemeinen zeigt sich, daß bei den schwach magnetischen und stark lichtbrechenden Körpern die Zunahme der Polarisationsdrehung y der Zunahme des Brechungsindex n folgt, und zwar wird innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler der Zusammenhang ziemlich gut durch die Formel

$$y^2 = An^2(n^2 - 1)$$

dargestellt, in welcher A eine constante Größe ist.

Im zweiten Theile der Arbeit untersuchte Becquerel von Flüssigkeiten: Methylalkohol, Chloroform, Zinnchlorid, wässrige Lösung von Uranchlorür, Titanchlorid, von einfach brechenden Krystallen: Flußspath (farblos), Spinell (durch Chrom gefärbt), Almandin=Granat, Diamant (octaëdrisch) und außerdem drei Sorten Flintglas, sowie ein 4 Proc. Titan enthaltendes Glas von Feil. Diese Substanzen zeigten vielfache Abweichungen von obiger Regel, welche Becquerel theils der Wirkung der Lamellarpolarisation (beim Diamant und Granat), theils der Anwesenheit magnetischer Körper, theils unbekannten Ursachen zuschreibt. Der allgemeine Ausdruck des Phänomens ist wahrscheinlich eine Function verschiedener physikalischer und chemischer Eigenschaften der Körper.

Die Drehung der Polarisationsebene der ultravioletten Strahlen bis zur Linie N (Wellenlänge 353,2) durch eine rechtwinklig zur Achse geschnittene Quarzplatte ist von J. L. Soret und Ed. Sarazin mit Hilfe des im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 161 beschriebenen Spectroskopes mit fluorescirendem Ocular untersucht worden.*) Die

*) Comptes rendus LXXIX, p. 610.

Resultate lassen sich sehr gut durch die Boltzmann'sche Formel

$$\varphi = \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

(s. S. 172 des vor. Jahrg. dieses Jahrb.) darstellen, wenn man

$$B = 7{,}10533 \,.\, 10^{-6},\ C = 0{,}151227 \,.\, 10^{-12}$$

setzt. Dieses Ergebniß ist auch mit den älteren Beobachtungen von Croullebois im Einklang, die sich bis zur Linie O (Wellenlänge 338,3) erstrecken.*)

Conische Refraction. Zum Studium der Erscheinungen der conischen Refraction bedient man sich vorzugsweise der Arragonitkrystalle. Da hinlänglich dicke Krystalle dieses Körpers nicht häufig sind, so hat Rodot in Dijon andere Substanzen auf ihre Tauglichkeit für den angegebenen Zweck untersucht und gefunden, daß Zucker, doppeltchromsaures Kali, sowie Weinsäure gleichfalls geeignet sind.**) Dicke und klare Krystalle dieser Substanzen trifft man leicht an. „Das Schneiden der beiden ersten hat keine Schwierigkeit, denn beim Zucker ist eine Fläche und beim Bichromat eine Spaltungsfläche winkelrecht gegen eine der optischen Achsen. Bei der Weinsäure verhält es sich anders: erst muß man durch Probiren die Flächen aufsuchen, durch welche hin man in Richtung einer Achse sieht. Durch Anwendung des Amici'schen Mikroskopes gelangt man leicht dahin, und man wird für seine Mühe belohnt durch die Energie der Krystalle, die bei gleicher Dicke in demselben Instrumente einen doppelt so offenen Kegel geben wie der Arragonit."

Einfluß farbigen Lichtes auf das Auge.

Diesen in vieler Hinsicht, namentlich für Augenleidende sehr wichtigen Gegenstand hat Dr. Magnus in Breslau in einem besonderen Schriftchen besprochen.***) Der Reiz, den ein farbiger Lichtstrahl auf die Netzhaut ausübt, hängt von

*) Comptes rendus LXXIX, p. 666.
**) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 656.
***) Die Bedeutung des farbigen Lichtes für das gesunde und kranke Auge. Ein Beitrag zu einer rationellen Lichtdiät. Leipzig 1875.

zwei Factoren ab: von der Quantität des Lichtes oder der objectiven Lichtstärke, und von der Qualität desselben, d. h. seinem Farbencharakter. Der dritte Factor, der ohne Zweifel mitwirkt, ist noch zu wenig untersucht, als daß man seine Wirksamkeit in Betracht ziehen könnte. Die Quantität ist bekanntlich am größten bei den rothen und gelben Strahlen, am schwächsten bei den blauen und violetten. In Folge dessen erscheint uns das rothe und gelbe Licht weit intensiver und heller als das blaue und violette. Dagegen besitzt das rothe und gelbe Licht einen die Netzhaut weit weniger reizenden Farbencharakter als das blaue und violette. Lamansky hat experimentell nachgewiesen, daß die Zeit, welche nothwendig ist, um die verschiedenen Farben als solche wahrzunehmen, beim Roth dreimal größer ist als beim Blau (vergl. Jahrg. VIII dieses Jahrb., S. 154). Von dieser stärker reizenden Qualität des blauen Lichtes kann man sich vielfach durch alltägliche Wahrnehmungen überzeugen; so verschwindet bei beginnender Dämmerung das rothe Licht für das Auge weit eher als das blaue, und in nicht allzudunkeln Nächten erscheint der Himmel noch in ganz ausgesprochenem Blau, während alle anderen Farben für das Auge in dämmerigem Grau verschwunden sind.

Es folgt hieraus, daß man ein gegen das Licht allzuempfindliches Auge durch Anwendung einer künstlichen farbigen Beleuchtung nicht in der gewünschten Weise zu schützen vermag. Denn jedes farbige Licht besitzt einen eigenthümlichen Reizfactor. Die Anwendung blauer Brillen hält allerdings die rothen und gelben Strahlen ab, die durch ihre starke Intensität erregend wirken; sie gestatten aber den blauen und violetten Strahlen Zutritt in's Auge, die durch ihren Farbencharakter stark reizend wirken. Magnus hat vielmehr als Schutz gegen allzustark reizendes Licht die durch graue Gläser bewirkte Beleuchtung bewährt gefunden. In England werden auch bereits fast ausschließlich graue, sogenannte Rauchgläser zu diesem Zwecke angewandt, und auch in Oesterreich und Italien werden graue Brillen beliebt. Bei einzelnen, selteneren Krankheiten des Auges kann blaues Licht, wieder für andere kann rothes und gelbes mit Nutzen verwendet werden, wie dies Magnus näher angegeben hat.

Von Interesse ist es, daß das Auge des Menschen und vieler Thiere einen besonderen Schutzapparat gegen das blaue Licht besitzt. Im menschlichen Auge ist auf der Netzhaut die Stelle des deutlichen Sehens mit einer ausgeprägt gelben Färbung versehen; auch nimmt in späteren Jahren die Krystalllinse meist eine gelbliche Färbung an. Ferner befinden sich bei vielen Vögeln, Reptilien und Amphibien gelbliche oder röthliche Fetttröpfchen in der Netzhaut; merkwürdiger Weise hat man bei den Fischen einen derartigen Schutzapparat noch nicht gefunden.

Wärmelehre.

Thermometrie.

Die Celsius'sche und die Centesimalscala. Prof. Weinhold in Chemnitz hat neuerdings darauf aufmerksam gemacht*), daß diese beiden Scalen mit Unrecht gewöhnlich identificirt werden. Celsius (geb. 27. Nov. 1701, gest. 25. April 1744) empfahl allerdings 1742, den Raum zwischen Siedepunkt und Gefrierpunkt in 100 Theile zu theilen, er zählte aber vom Siedepunkte nach dem Gefrierpunkte hin. Die umgekehrte Zählung, wie sie jetzt üblich ist, wurde 1750 von Strömer, einem Stockholmer Akademiker, sowie auch von dem Lyoner Professor Christin vorgeschlagen.

Das Luftbarothermometer von Dr. Paul Schreiber in Chemnitz.**) Das Luftthermometer ist bekanntlich das beste Instrument zur Temperaturbestimmung und hat vor dem Quecksilberthermometer den großen Vorzug, daß die Beobachtungen an einem ganz anderen Orte gemacht werden können, als an dem, dessen Temperatur bestimmt werden soll. Deshalb hat Regnault dasselbe schon vor mehreren Jahren zu regelmäßigen Beobachtungen empfohlen (s. Jahrg. VIII dieses Jahrb., S. 154). Dr. Schreiber ist nun auf den Gedanken gekommen,

*) Poggend. Ann. Bd. 157, S. 352; vergl. auch Schmid, Lehrb. der Meteorologie (Leipzig, 1860), S. 73, wo der richtige Sachverhalt nach Van Swinden, Dissertation sur la comparaison des thermomètres (Amsterdam, 1798), p. 98—101, angegeben ist.
**) Carl's Repert. der Exper.-Physik XI, S. 1.

durch Combination des Luftthermometers mit einem Wage-barometer ein Instrument zu construiren, dem er den obigen Namen giebt und welches sich leicht zur automatischen Aufzeichnung der Temperaturen verwenden läßt. Der wesentlichste Theil desselben ist eine an einem Wagbalken aufgehangene Barometerröhre, welche mit ihrem unteren Ende in das in einem Troge befindliche Quecksilber taucht. Der obere Theil der Röhre ist mit Luft gefüllt und steht durch eine Leitung von capillaren Röhren in Verbindung mit dem im Freien angebrachten Luftthermometer. Nun ändert sich aber die Spannung der im Apparate befindlichen Luft nicht nur bei einer Aenderung der äußeren Lufttemperatur, sondern auch wenn die Temperatur des Instrumentes und wenn der Luftdruck sich ändert. Es muß daher, um die Angaben des Instrumentes zur Bestimmung der äußeren Lufttemperatur benutzen zu können, noch ein Thermometer zur Bestimmung der Instrumententemperatur und ein Barograph zur Angabe des Luftdruckes angebracht werden. Zu dem letzteren Zwecke schlägt Schreiber einen Wagebarographen in seiner einfachsten Form vor, als Instrumentalthermometer aber ein Luftbarothermometer, bestehend aus einer an einem Wagebalken aufgehängten, am oberen Ende mit einer Kugel versehenen, mit Luft gefüllten und mit dem unteren Ende in Quecksilber tauchenden Röhre. Schreiber zeigt nun, wie man sich im Voraus Tabellen berechnen kann, aus denen man sofort mittels der Angaben der drei Instrumente den Luftdruck, auf 0° C. reducirt, die Lufttemperatur und die Instrumentaltemperatur entnehmen kann. Rücksichtlich dieser theoretischen Auseinandersetzungen, wie rücksichtlich der Beschreibung der Registrirvorrichtung, die Schreiber vorschlägt, müssen wir auf dessen Abhandlung selbst verweisen.

Ein selbstregistrirendes Thermometer eigenthümlicher Construction hat W. Harrison Cripps in der Sitzung der Londoner Meteorologischen Gesellschaft am 17. Nov. vor. J. beschrieben.*) Es ist ein Weingeistthermometer, dessen Röhre in sechs concentrischen Lagen spiralförmig gewunden ist und eine Art Rad bildet, welches sich um eine horizontale Achse dreht. In der äußeren Windung befindet sich Quecksilber und

*) Nature XIII, p. 79.

eine Luftblase. Wenn nun in Folge von Temperaturveränderungen die Länge der Alkoholsäule sich ändert, so verschiebt sich das Quecksilber, in Folge dessen wird der Schwerpunkt des Systems verrückt und dasselbe dreht sich um seine Achse. Diese Drehung wird dann durch einen Zeiger sichtbar gemacht.

Farbenthermoskop Durch Zusatz von Kupfervitriollösung zu einer Auflösung von Jodquecksilber in Jodkalium erhält man einen zinnoberrothen Niederschlag, der sich, mit alkoholischem Schellackfirniß angerieben, als Anstreichefarbe verwenden läßt. Die hochrothe Farbe dieses Körpers geht aber beim Erhitzen auf 70° und darüber in Chocoladenbraun über, ohne daß indessen bis zu 100° eine Zersetzung eintritt; beim Wiedererkalten stellt sich daher die frühere Färbung ein. Deshalb hat Ph. Heß den Vorschlag gemacht, solche Stellen an Achsenlagern, Heizungen, Darren u. s. w., deren Temperatur nicht über 70° steigen darf, mit einem derartigen Anstriche zu versehen. Zur besseren Beurtheilung der Farbenänderung könnte man neben dem Felde der empfindlichen Farbe beiderseits noch ein Paar farbige Felder anbringen, eines, etwa mit einem Mennigfirniß bestrichen, mit der kalten, das andere, mit Umbra, mit der Farbe des auf 70° erhitzten Präparates.*)

Das elektrische Pyrometer von C. William Siemens. Ueber diesen schon in Jahrg. IX. dieses Jahrb., S. 108 u. ff. besprochenen Apparat, hat C. W. Siemens in der englischen Gesellschaft der Telegraphen-Ingenieure eine längere Abhandlung**) gelesen, in welcher er außerdem die Methoden beschreibt, deren er sich zur Bestimmung des Gesetzes bedient hat, nach welchem der elektrische Leitungswiderstand der Metalle sich mit der Temperatur ändert. Da die wesentliche Einrichtung des Pyrometers unseren Lesern schon bekannt ist, so begnügen wir uns mit diesem Hinweis auf die Siemens'sche Abhandlung.

Technische Verwendung der Sonnenwärme.

Schon mehrfach ist der Versuch gemacht worden, die Sonnenwärme zur Erhitzung und Verdampfung von Wasser, sowie zum

*) Dingler's Polytechn. Journal Bd. 218, S. 183.

**) „Ueber die Abhängigkeit des elektrischen Leitungswiderstandes

Betrieb von Maschinen zu verwenden. Namentlich sind in dieser Hinsicht zu erwähnen die von Ericsson vor länger als einem Jahrzehnt gemachten, auf dieses Ziel gerichteten Anstrengungen; es soll demselben auch schließlich gelungen sein, durch Concentration der auf zehn Quadratfuß Fläche fallenden Sonnenstrahlen eine bewegende Kraft von einer Pferdestärke zu erlangen.

Ebenso alt sind die Bemühungen von A. Mouchot, Prof. am Lyceum in Tours, welcher über seine neuesten Erfolge der Pariser Akademie am 4. October vor. J. ausführlichen Bericht erstattet hat.*) Zur Concentrirung der Sonnenstrahlen bedient sich derselbe eines aus zwölf einzelnen Sectoren zusammengesetzten Silberspiegels in Form eines abgestumpften Kegels, dessen Seiten um 45° gegen die Achse geneigt sind. Der Durchmesser der Spiegelöffnung beträgt 2,6 Meter, der des Bodens 1 Meter, die spiegelnde Fläche mißt 4 Quadratmeter. Der Boden ist mit einer gußeisernen Scheibe beschwert, um den Einfluß des Windes unschädlich zu machen. Auf dieser Scheibe ist der Kessel angebracht, der aus zwei concentrischen glockenförmigen Gefäßen aus Kupfer besteht, zwischen deren Wandungen sich das Wasser befindet, welches durch die Sonnenwärme in Dampf verwandelt werden soll. Zu dem Zwecke werden die Sonnenstrahlen, welche der Spiegel in eine Brennlinie vereinigt, auf die geschwärzte Oberfläche des Kessels geworfen. Der Kessel selbst ist mit einer Glasglocke bedeckt, welche den auffallenden Sonnenstrahlen den Eintritt gestattet, aber dagegen den Austritt der von der geschwärzten Kupferfläche kommenden Strahlen verhindert. Die äußere Kesselwand hat 28, die innere 22 Centimeter Durchmesser, die Höhen betragen 80 und 50 Centimerer, der Zwischenraum zwischen beiden Wänden enthält nicht über 10 Liter Wasser, so daß etwa 10 Liter Dampfraum übrig bleiben. Von der Innenwand aus geht das Rohr, welches den Dampf

---

von der Temperatur"; im Auszug mit Abbild. Nature XII, p. 235, kürzer in Dingler's Polytechn. Journal Bd. 217, S. 291.

*) Comptes rendus LXXXI, p. 571. — In der folgenden Sitzung der Akademie, 11. October, machte Ed. Buchwalder darauf aufmerksam, daß nach dem Zeugnisse Plutarch's die römischen Priester schon zu Numa's Zeiten conische Brennspiegel angewandt haben, um das Feuer der Vesta mit Hilfe der Sonne zu entzünden.

nach einem kleinen Motor oder unter einen Destillirkolben leitet; ein anderes Rohr führt in den unteren Raum des Kessels, um Speisewasser zuzuführen. Die Glasglocke welche den Kessel überdeckt, hat 85 Centimeter Höhe, 5 Millimeter Dicke und 40 Centimeter Durchmesser. Das Ganze wird, dem Laufe der Sonne folgend, stündlich um 15° gedreht.

Dieser Apparat ist schon seit mehreren Jahren in Tours aufgestellt. Bei einem Versuche, der am 8. Mai vor. J. angestellt wurde, wurden 8½ Uhr früh 20 Liter Wasser von 20° in den Kessel gebracht; in 40 Minuten hatte der entwickelte Dampf 2 Atmosphären Spannung (+ 121°), nachher stieg dieselbe rasch auf 5 Atmosphären (153°). Weiter konnte man die Spannung nicht treiben, weil die Kesselwände nur 3 Millim. Stärke haben. Am Mittag desselben Tages stieg, bei 15 Liter Wasser im Kessel, die Dampfspannung in weniger als einer Viertelstunde von einer auf 5 Atmosphären. Am 22. Juli, einem ungewöhnlich heißen Tage, verdampfte der Kessel gegen 1 Uhr Nachm. stündlich 5 Liter Wasser.

Mouchot hat den in seinem Apparate entwickelten Dampf zum Betriebe einer kleinen Maschine ohne Expansion und ohne Condensator benutzt, die bei einer Atmosphäre Ueberdruck 70 Kolbengänge in der Minute machte. Später hat er statt deren eine kleine rotirende Maschine, System Berliens, benutzt. Außerdem hat er den Dampf auch verwendet, um in einer Destillirblase Wein zu destilliren; in einem Falle konnten 5 Liter in einer Viertelstunde destillirt werden. Ebenso könnte man diesen Dampf zum Kochen von Speisen verwenden.

Der Effect des Mouchot'schen Apparates wird zu etwa 8 bis 10 Calorien in der Minute auf den Quadrat-Meter Spiegelfläche veranschlagt.

Wärmeleitung.

Ziemlich gleichzeitig sind Anfang dieses Jahrzehntes von Narr und Stefan Versuche über die Wärmeleitung der Gäse angestellt worden (s. Jahrg. VIII dieses Jahrb., S. 161), welche einen bedeutenden Fortschritt in der Bestimmung dieser Constanten bezeichnen. Wie früher Dulong und Petit nahmen auch die genannten Forscher als Ausgangspunkt ihrer Unter-

suchungen die Erkaltung eines thermometrischen Körpers in einer bestimmten Umgebung. Während aber Narr sich mit der Bestimmung relativer Werthe begnügt, hat Stefan zuerst absolute Werthe für die Wärmeleitungscoëfficienten der untersuchten Gase ermittelt. Beide Forscher glauben die Schwierigkeiten überwunden zu haben, welche einerseits die durch die Abkühlung verursachten Strömungen in den Gasen, anderntheils in der Trennung der Leitung von der Strahlung bedingt sind. Eine genauere Prüfung und Vergleichung der beiderseits erlangten Resultate läßt es aber zweifelhaft erscheinen, ob namentlich die zuletzt erwähnte Trennung wirklich erreicht worden ist. Deshalb hat A. Winkelmann in Straßburg im Winter 1874/5 neue Beobachtungen angestellt*), zunächst in der Absicht, zu entscheiden, in wie weit die Strahlung und die Strömung auf die Abkühlungsgeschwindigkeit einwirken. Sodann aber beschränkte er seine Untersuchung nicht auf atmosphärische Luft und Wasserstoff, wie Stefan, und endlich suchte er auch die Abhängigkeit der Wärmeleitung der Gase von der Temperatur zu ermitteln.

Der Apparat, dessen sich Winkelmann bediente, war ähnlich dem von Stefan benutzten: ein innerer, als Luftthermometer dienender Messingcylinder A wird in überall gleichem Abstande von einem Cylinder B umgeben, von dessen oberem Deckel eine capillare Metallröhre C ausgeht, die zur Füllung des Zwischenraumes zwischen beiden Cylindern mit verschiedenen Gasen dient und außerdem mit einem kleinen Quecksilbermanometer verbunden ist; ferner sind die oberen Deckel beider Glieder mit conischen Hülsen versehen, in denen Kautschukpfropfen sitzen, durch welche eine Glasröhre J, deren absteigender Schenkel in Quecksilber taucht, vom Innenraum von A nach außen geht. Die beiden Hülsen sind von Ueberwurfschrauben umgeben, welche einen sehr starken Druck auf die Pfropfen ausüben und so ein festes Anliegen derselben bewirken. In derselben Weise wirkt auch der Ueberdruck auf die Pfropfen, wenn in dem Raume zwischen beiden Cylindern eine Verdünnung der Luft eintritt. Die Glasröhre C wird mit einer Quecksilberluftpumpe verbunden und nach vollendeter Füllung des Apparates mit Luft abgeschmolzen. Der ganze Apparat, welcher Zimmertemperatur hat, ist während

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 497.

der Versuche in eine Mischung von Wasser und fein vertheiltem Eis gesenkt. Wenn dann durch allmälige Abkühlung der Druck in A sich mindert, so steigt das Quecksilber in der Röhre J. Ist nun in t Secunden das Quecksilber um p Millim. gestiegen und hat es endlich bei 0° Temperatur in A die Höhe p' erreicht, so läßt sich die Abkühlungsgeschwindigkeit v nach der Formel

$$vt = \lg. \text{ nat. } \frac{p'}{p' - p}$$

berechnen. Es waren Vorkehrungen getroffen, um das Volumen der abgeschlossenen Luft constant zu erhalten und die Temperaturänderungen der Glasröhre unschädlich zu machen, wie bei der Ableitung der Formel vorausgesetzt ist.

Versuche, die Größe der Strahlung in der Weise zu ermitteln, daß nach der von Narr benutzten Methode das Gas in dem Zwischenraume zwischen A und B möglichst verdünnt und so die Leitung vollständig eliminirt wurde, führte zu keinem Ergebnisse. Da aber die Größe der Strahlung nur von dem strahlenden Körper abhängt, nicht von der Entfernung der ihn umgebenden Hülle, so braucht man nur die Abkühlungsgeschwindigkeit eines und desselben inneren Cylinders A in zwei verschiedenen äußeren Cylindern B zu beobachten und kann dann durch Combination beider Beobachtungen die Strahlung eliminiren. Bei den ferneren Versuchen zeigte sich weiter, daß die Strömung bei gleicher Größe des inneren Cylinders A um so größer ist, je größer der äußere Cylinder ist; es ergab sich aber auch weiter, daß innerhalb gewisser Druckgrenzen die Strömung keinen Einfluß mehr auf die Abkühlung übt. Ferner ergab sich auch, daß bis zu einem Drucke von 1 Millim. die Wärmeleitung vom Drucke unabhängig ist.

Mittels einer a. a. O. S. 508 entwickelten Formel berechnet nun Winckelmann aus den Abkühlungsgeschwindigkeiten v folgende Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit k bei 7 bis 8° C., bezogen auf Gramm, Secunde und Centimeter als Einheit:

Luft	0,0000525
Wasserstoff . . .	0,0003324
Kohlensäure . . .	0,0000317
Aethylen	0,0000414
Sumpfgas . . .	0,0000647
Stickoxyd	0,0000460

Kohlenoxyd . . .	0,0000510
Sauerstoff . . .	0,0000563
Stickoxyd . . .	0,0000363
Stickstoff	0,0000524.

Mit den von Narr gefundenen relativen Werthen stimmen diese Zahlen nicht überein; setzt man nämlich die Wärmeleitung der Kohlensäure gleich 1, so ist sie

	nach Narr	nach Winkelmann
für Kohlensäure . . .	1	1
„ Stickstoff	1,21	1,65
„ Luft	1,21	1,65
„ Wasserstoff	6,80	10,48.

Die Differenzen erklären sich durch die Annahme, daß bei Narr's Versuchen die Strömungen nicht vermieden wurden.

Stefan hat für Luft 0,0000558 gefunden, nur 6 Proc. mehr als Winckelmann; das Verhältniß von Wasserstoff zu Luft aber bestimmt Stefan wie 7 : 1, während Winckelmann 6,33 : 1 erhält.

Kundt und Warburg beobachteten bei ihren Untersuchungen über die Wärmeleitung verdünnter Gase*) die Abkühlung von Quecksilberthermometern in Hüllen von verschiedener, theils kugelförmiger, theils cylindrischer Gestalt, ihr Verfahren war also im Princip dem oben erwähnten ähnlich. Das zu den Versuchen benutzte Thermometer war oben zu einer kleinen Cüvette aufgeblasen, so daß es, ohne zu springen, bis auf 200° erhitzt werden konnte. Für einen jeden Versuch wurde zunächst der betreffende Apparat mit dem gut getrockneten Gase gefüllt, dann, nach Absperrung von der Gasleitung mittels eines Hahnes, so lange in kochendes Wasser gestellt, bis das Quecksilber in der Cüvette hinreichend hoch stand, hierauf in schmelzendes Eis gebracht, und nun beobachtete man die Abkühlungszeit des Thermometers zwischen 60° und 20° von 5 zu 5° nach einer Secundenuhr.

Es galt nun zunächst zu untersuchen, ob und unter welchen Umständen Wärmeleitungscoëfficienten mittels dieser Apparate bestimmbar seien. Es zeigte sich, daß dies möglich ist, sofern die Strahlung eliminirt werden kann, wenn die Dichte des Gases hinlänglich klein ist, so daß der Einfluß der

*) Poggend. Ann. Bd. 156, S. 177.

Strömungen unmerklich wird; es kann dann „nach der Gastheorie bei weiterer Verdünnung, da der Wärmeleitungscoëfficient vom Drucke unabhängig ist, die Abkühlungszeit des Thermometers sich nicht mehr ändern, so lange die mittlere Weglänge verschwindet gegen die linearen Dimensionen des Abkühlungsraumes". Aus den Versuchen ergab sich auch die von der Theorie behauptete Unabhängigkeit des Wärmeleitungscoëfficienten vom Druck innerhalb der Grenzen 150 bis etwa 1 Millim. bei Luft und Kohlensäure und 150 bis 9 Millim. bei Wasserstoff.

Um den Einfluß der Strahlung zu ermitteln, wurde zu noch höheren Graden der Verdünnung übergegangen. Es war dabei äußerst schwierig, die durch kleine Spuren Wasserdampf verursachten Störungen zu beseitigen. Der Wasserdampf haftet mit großer Hartnäckigkeit an den festen Wänden und geht erst bei Temperaturen weit über 100° theilweise von denselben fort. Aeußerst geringe Spuren desselben, die mit dem Manometer durchaus nicht mehr nachweisbar sind, werden mit Leichtigkeit erkannt durch die Aenderung der Wärmeleitung, welche sie bewirken, und es erweist sich daher das Thermometer als ein äußerst feines Reagens auf ein Vacuum, vielleicht als das empfindlichste. Die Herstellung eines wirklichen Vacuums in Bezug auf die Wärmeleitung gelang annähernd durch Trocknen der Apparate bei 200°; in dem so getrockneten und möglichst gut evacuirten Raume ergab sich die Abkühlungsgeschwindigkeit unabhängig von der Gestalt der Hülle. Es war also die Wärmeleitung auf einen zu vernachlässigenden Rest ihres Werthes herabgedrückt, und man erhielt einen angenäherten Werth für das Emissionsvermögen des Glases, mittels dessen die Strahlung aus den früheren Beobachtungen eliminirt und so der Wärmeleitungscoëfficient bestimmt werden konnte.

Kundt und Warburg fanden als Werthe für die relativen Wärmeleitungscoëfficienten von

Luft	Kohlensäure	Wasserstoff
1	0,59	7,1 ;

nach Maxwell sollten diese Werthe sein

1	0,70	7,0

und Winkelmann hat gefunden

1	0,60	6,33.

Von Interesse ist die Uebereinstimmung der Werthe, welche Winkelmann und Kundt und Warburg für die Kohlensäure gefunden haben, da die Berechnung dieses Werthes aus der Theorie ziemlich unsicher ist, weil das Verhältniß der specifischen Wärmen der Kohlensäure eine von der Theorie nicht beachtete Veränderlichkeit mit der Temperatur zeigt.

Den absoluten Werth des Wärmeleitungscoëfficienten der Luft fanden Kundt und Warburg gleich 0,000048, also merklich kleiner als Stefan und Winkelmann. Sie erachten aber selbst diese Bestimmung nicht als ganz zuverlässig.

Specifische Wärme.

Specifische Wärme von Kohlenstoff, Bor und Silicium. Das merkwürdige, im J. 1819 von Dulong und Petit entdeckte, von Regnault bei fortgesetzten Untersuchungen 1840 bis 1862 bestätigt gefundene Gesetz, daß die Atome aller Elemente nahezu dieselbe Wärmecapacität besitzen, erleidet bei Kohlenstoff, Bor und Silicium eine auffällige Ausnahme. Während nämlich, wenn man die specifische Wärme des Wassers als Einheit annimmt und das Atomgewicht des Sauerstoffes gleich 16 setzt, die Atomwärme von 32 von Regnault untersuchten Elementen im Mittel 6,3 mit den Extremen 6,7 (Natrium) und 5,5 (Phosphor und Schwefel) beträgt, ergab sich für krystallisirtes Silicium 4,8, für krystallisirtes Bor 2,7 und für Diamant nur 1,8 (die Atomgewichte gleich 28, 11, 12 angenommen). Weitere Untersuchungen ergaben für die verschiedenen Modificationen des Kohlenstoffes, Bors und Siliciums verschiedene Werthe der specifischen Wärme. Spätere Forscher haben diese Erscheinung in verschiedener Weise zu deuten versucht. Bei einer Prüfung der früheren Arbeiten fand nun Prof. H. F. Weber in Hohenheim, daß die verschiedenen Beobachter die specifischen Wärmen der genannten drei Elemente zwischen ganz verschiedenen Intervallen bestimmt haben und daß die Werthe regelmäßig um so größer gefunden werden, je größer die Summe der Grenztemperaturen des benutzten Intervalles ist. Dies ergiebt sich deutlich aus folgender Zusammenstellung, in welcher C die spec. Wärme, ΔT das Temperaturintervall, innerhalb dessen die Bestimmung ausgeführt wurde, darstellt:

	Regnault		Dela Rive u. Marcet		Kopp		Wüllner u. Bettendorf	
	C	ΔT	C	ΔT	C	ΔT	C	ΔT
Holzkohle . . .	0,2415	18—19°	0,1650	6—15°	—		—	
Graphit . . .	0,1977	17—99	—		0,174	21—52°	0,1881	24—67°
Gaskohle . . .	0,2004	16—100	—		0,185	22—52	0,1960	24—69
Hohofengraphit	—		—		0,166	22—52	0,1861	23—65
Diamant . . .	0,1469	9—98	0,1192	6—15	—		0,1429	24—70
Bor, amorph	—		—		0,254	18—48	—	
graphitartig	0,2352	17—99	—		—		—	
krystallisirt .	0,2574	14—99	—		0,230	21—51	—	
Silicium, amorph . .	—		—		0,214	21—51	—	
geschmolzen .	0,1750	22—100	—		0,138	21—50	—	
krystallisirt .	0,1787	21—99	—		0,165	21—52	—	

Die hier angegebenen Resultate von Wüllner und Bettendorf sind corrigirt mit Rücksicht auf den Umstand, daß nach Bosscha's Berechnungen (Jubelbd. von Poggend. Ann. S. 545) die mittlere spec. Wärme des Wassers zwischen 20° und 70° gleich 1,0099 ist. Weber zog daraus den Schluß, daß, wenn die früheren Beobachtungen auch nur einigermaßen richtig sind, die specifischen Wärmen der verschiedenen allotropischen Modificationen der drei Elemente mit zunehmender Temperatur außerordentlich rasch wachsen müssen. Eine vorläufige Untersuchung der specifischen Wärme des Diamanten, die im Januar und Februar 1872 ausgeführt wurde, bestätigte diese Vermuthung (s. Jahrg. X dieses Jahrb. S. 161); die specifischen Wärmen des Diamants bei 0°, 100° und 200° ergaben sich nahezu in dem Verhältnisse 1 : 2 : 3, und allgemein ergab sich zwischen 0° und 200° die specifische Wärme des Diamant bei t° aus der Formel

$$\gamma = 0,0947 + 0,000994\,t - 0,00000036\,t^2.$$

Weber hat nun weitere umfassende Versuche angestellt, um die Abhängigkeit der specifischen Wärme der verschiedenen Modificationen von Kohlenstoff, Bor und Silicium von der Temperatur für ein möglichst weites Temperaturintervall zu ermitteln.*) Es gelang ihm auch, seine Aufgabe für die Modificationen des Kohlenstoffes von — 80° bis + 1000° zu lösen; ebenso wurden für Bor und Silicium die wesentlichsten Fragen gelöst, wenn auch kein so definitiver Abschluß wie für Kohlenstoff gewonnen wurde.

*) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 367 u. 553.

Das Endergebniß, welches Weber erlangt hat, steht im Einklang mit der schon 1864 von Kopp ausgesprochenen Vermuthung, daß den verschiedenen Modificationen eines Elementes dieselbe specifische Wärme zukomme und daß die abweichenden Ergebnisse der Versuche auf das Uebersehen irgend eines Umstandes zurückzuführen seien.

Die Versuche Weber's wurden mit dem Bunsen'schen Eiscalorimeter angestellt. Um die Substanzen auf verschiedene Temperaturen bis zu 300° zu erhitzen, wurden Oelbäder benutzt; zur Abkühlung dienten feste Kohlensäure und eine Frostmischung aus 1/3 Gewichtstheil Kochsalz und 1 Theil Schnee. Alle diese Temperaturen wurden mittels eines gewöhnlichen Luftthermometers bestimmt. Für höhere Temperaturen wurde ein indirectes Verfahren angewandt, welches die Ermittelung der Temperatur aus den Angaben des Calorimeters gestattet. Dasselbe stützt sich auf die von Pouillet (Comptes rendus III, 782) im Jahre 1836 veröffentlichten Werthe der Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit Platin braucht, um ihre Temperatur von T_0 auf T zu erhöhen. Pouillet hat diese Größe von $T = 0°$ bis $T = 1200°$ bestimmt und dafür den Ausdruck gegeben

$$W = 0{,}03237(T - T_0) + 0{,}000041(T^2 - T_0^2).$$

Es ergab sich nun, daß die specifischen Wärmen des Kohlenstoffs, Bors und Siliciums mit steigender Temperatur stetig zunehmen und schließlich von einer gewissen Temperatur an nahezu constant bleiben. Letztere Temperatur liegt für Kohlenstoff und Bor ungefähr bei 600°, für Silicium in der Nähe von 200°. Wenn sich die Temperatur von —50° auf +600° erhöht, so steigt die specifische Wärme des Bors auf den 2½fachen, die des Kohlenstoffes auf den 7fachen Werth. Es ist daher die Annahme, daß die Temperatur nur einen höchst unbedeutenden Einfluß auf die specifische Wärme äußere, im Allgemeinen nicht zulässig.

Die nahezu constant bleibenden Endwerthe, welche die specifischen Wärmen des Kohlenstoffes, Bors und Siliciums mit wachsender Temperatur erreichen, sind abgekürzt

0,46 0,50 und 0,205;

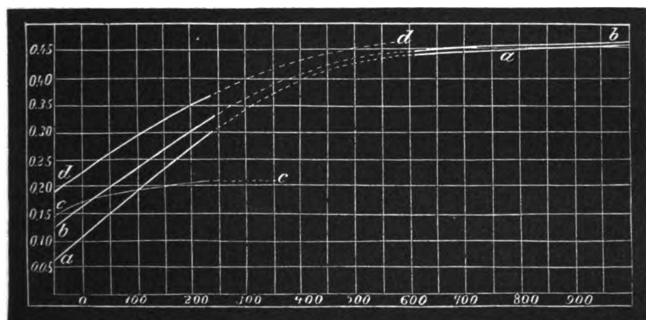
multiplicirt man diese Werthe mit den aus den Dampfdichtebestimmungen gefolgerten Atomgewichten dieser Elemente, 12, 11 und 28, so erhält man als Atomwärmen dieser Elemente

5,5 5,5 und 5,8.

Diese Werthe schließen sich unmittelbar den Atomwärmen der Metalle und festen Metalloide an (Aluminium = 5,7; Schwefel = 5,5); Kohlenstoff, Bor und Silicium sind demnach auch dem Dulong-Petit'schen Gesetz unterworfen, sofern man demselben etwa folgende Fassung giebt:

„Die specifischen Wärmen der festen Elemente variiren mit der Temperatur; für jedes Element giebt es aber einen

Fig. 19.



Punkt T_0 der Temperaturscala, von welchem an die Veränderlichkeit der specifischen Wärme mit wachsender Temperatur ganz unbedeutend wird. Das Product aus dem Atomgewicht in denjenigen Werth der specifischen Wärme, welcher den Temperaturen $T > T_0$ zukommt, liefert für alle festen Elemente einen nahezu constanten, zwischen 5,5 und 6,5 liegenden Werth."

Alle undurchsichtigen Modificationen des Kohlenstoffes zeigen dieselbe specifische Wärme. Unterhalb der Rothgluth giebt es rücksichtlich der specifischen Wärme nur zwei Modificationen des Kohlenstoffes: die durchsichtige und die undurchsichtige, deren specifische Wärmen um so mehr differiren, je niedriger die Temperatur ist; mit wachsender Temperatur nähern sich beide

einander immer mehr und werden bei etwa 600° identisch. „Von der Glühhitze an giebt es bezüglich der specifischen Wärme keine verschiedenen allotropischen Modificationen des Kohlenstoffes; von dem Punkte der Temperaturscala an, wo der optische Unterschied der beiden Modificationen des Kohlenstoffes schwindet, fällt auch der thermische Unterschied."

Für Bor und Silicium ist das gleiche Verhalten der verschiedenen Modificationen zu vermuthen.

Fig. 19 zeigt die Aenderungen der specifischen Wärme mit der Temperatur a für Diamant, b für Graphit, c für krystallisirtes Silicium, d für krystallisirtes Bor; die Abscissen geben die Temperatur, die Ordinaten die specifische Wärme an, die ausgezogenen Linien stellen die Beobachtungen dar, die gestrichelten sind Ergänzungen.

Für die specifische Wärme von Cer, Lanthan und Didym sind von Dr. W. F. Hillebrand in Heidelberg folgende Werthe gefunden worden:*)

Didym	0,04563
Lanthan	0,04485
Cer	0,04479.

Die Metalle waren von Dr. Hillebrand und Dr. Norton elektrolytisch abgeschieden. Die Versuche wurden mit dem Bunsenschen Eiscalorimeter angestellt, die Erhitzungstemperatur betrug ungefähr 100°.

Wenn man dem Didymoxyd die Formel Di_2O_3 beilegt und seinem Atomgewicht den Werth 144,78, und wenn man ebenso das Lanthanoxyd, wie das Ceroxydul, als Sesquioxyde betrachtet und dem Lanthan das Atomgewicht 139, dem Cer aber 138 beilegt, so ergiebt sich die Atomwärme

des Didym	= 6,60
„ Lanthan	= 6,23
„ Cer	= 6,18,

entsprechend dem Dulong-Petitschen Gesetze.

Der neuen Untersuchungen über die specifische Wärme der Gase von Dr. Eilhard Wiedemann in Leipzig ist bereits im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 194 gedacht worden. Damals waren nur Mittheilungen über die Einrichtungen des zur Untersuchung benutzten Apparates, sowie die Resultate

*) Poggend. Ann. Bd. 158, S. 71.

einiger vorläufigen Versuche bekannt. Inzwischen ist eine Mittheilung veröffentlicht worden*), der wir die folgenden definitiven Resultate entnehmen:

	Specifische Wärme						
	gleicher Gewichte			gleicher Volumina			spec.
	bei 0°	bei 100°	bei 200°	bei 0°	bei 100°	bei 200°	Gew.
Luft	0,2389	.	.	0,2389	.	.	1
Wasserstoff . .	3,410	.	.	0,2359	.	.	0,0692
Kohlenstoff . .	0,2426	.	.	0,2346	.	.	0,967
Kohlensäure .	0,1952	0,2169	0,2387	0,2985	0,3316	0,3650	1,529
Aethylen . . .	0,3364	0,4189	0,5015	0,3254	0,4052	0,4851	0,9677
Stickoxydul .	0,1983	0,2212	0,2442	0,3014	0,3362	0,3712	1,5241
Ammoniak .	0,5009	0,5317	0,5629	0,2952	0,3134	0,3318	0,5894

Specifische Wärme des Quecksilberdampfes.**) In seiner ersten Abhandlung über die kinetische Theorie der Gase hat Clausius für das Verhältniß zwischen der totalen Energie H des Gases und der Energie K der fortschreitenden Bewegung seiner Moleküle die Gleichung abgeleitet

$$\frac{H}{K} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{k - 1},$$

in welcher k das Verhältniß zwischen den beiden specifischen Wärmen (bei constantem Druck und bei constantem Volumen) bedeutet. Diese Gleichung gilt, wenn das Gas ein ideelles ist, d. h. dem Mariotte'schen Gesetze folgt und bei seiner Ausdehnung, die ohne Abgabe von Energie nach Außen stattfindet, keine Wärme absorbirt, und wenn außerdem seine specifische Wärme von der Temperatur unabhängig ist.

Sind die Gasmoleküle materielle Punkte, so ist H = K und daher k = 1,666; ebenso wie materielle Punkte verhalten sich auch vollkommen glatte elastische kugelförmige Theilchen. Sind die Gasmoleküle vollkommen elastische Körperchen, die nicht

*) Poggend. Ann. Bd. 157, S. 1.

**) Kundt u. Warburg in den Ber. der deutschen chem. Ges. 1875, S. 945 und ausführlicher in Poggend. Ann. Bd. 157, S. 353.

14*

Kugelgestalt haben, so ist nach Maxwell $H = 2K$, mithin $k = 1,333$.

Besteht das Gasmolekül aus einer geraden Anzahl materieller Punkte (Atome), so muß der Theorie zufolge k kleiner als 1,333 oder höchstens gleich diesem Werthe sein. Diese Eigenschaft kommt den chemischen Reactionen zufolge den Molekülen des Sauerstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs zu. Das Experiment liefert aber Werthe von k, die zwischen 1,395 und 1,413 liegen, so daß hier ein zur Zeit ungelöster Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung besteht.

Es giebt Gase, welche nach den chemischen Reactionen einatomig sind, wenn man den Wasserstoff als zweiatomig ansieht. Ein solches ist das Quecksilbergas. A. Kundt und E. Warburg haben deshalb das Verhältniß k bestimmt aus dem Verhältniß der Schallgeschwindigkeit des Quecksilbergases zu derjenigen der Luft, welches sie experimentell nach der früher von ihnen angegebenen Methode der Staubfiguren bestimmt haben. Das Experiment ergab nun den Werth von k für das Quecksilbergas 1,186 mal so groß, als für Luft; wenn man daher für Luft den von Röntgen gefundenen Werth 1,405 annimmt, (s. Jahrg. X dieses Jahrb., S. 162), so erhält man für das Quecksilbergas 1,666. Damit ist bewiesen, daß das Molekül des Quecksilbergases im Bezug auf seine mechanischen und thermischen Eigenschaften sich merklich wie ein materieller Punkt verhält.

Aus dem gefundenen Werthe findet sich ferner die specifische Wärme des Quecksilbergases bei constantem Volumen gleich 0,1027, die kleinste aller bisher bekannten, wenn die der Luft gleich 0,1690 gesetzt wird.

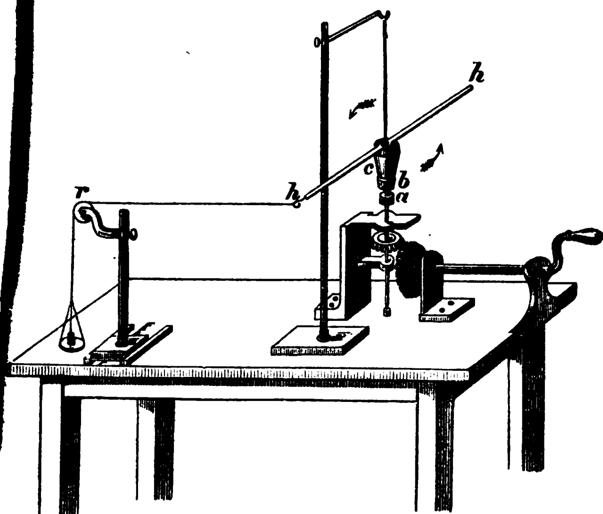
Die für Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff bestehenden Schwierigkeiten sind hiermit allerdings nicht beseitigt; man darf aber annehmen, „daß die Ursache des hervorgehobenen Widerspruchs zwischen Erfahrung und Theorie nicht in den Grundprincipien stecke, sondern in der Art ihrer Anwendung auf di- vorliegende Frage.“

Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Einen einfachen Schulapparat zur Bestimmun des mechanischen Wärmeäquivalentes hat J. Pulu

in Firme angegeben.*) Derselbe besteht aus einer Schwungmaschine mit verticaler Spule a (s. Fig. 20), einem Calorimeter c zur Messung der Wärme, welche in demselben durch Reibung erzeugt wird, und einer Hebelvorrichtung hhr zur Messung der in Wärme umgesetzten Arbeit. Die Spule a trägt zunächst ein konisches, innen mit Holz gefüttertes und durch drei Schrauben coachsial zu stellendes Metallstück b,

Fig. 20.



über welchem sich das Calorimeter c befindet. Dieses besteht aus zwei abgestumpften Hohlkegeln aus Gußeisen, von denen der innere etwas aus dem äußeren herausragt und nicht ganz auf den Boden desselben auftrifft. Bei dem Puluj'schen Apparate, mit dem die nachher zu erwähnenden Versuche angestellt wurden, war beim äußeren Kegel der Durchmesser der Basis 1,8 Centim., der innere Durchmesser der Oeffnung

---

*) Carl's Repert. der Exper.-Physik XI, S. 361 u. 371; Poggend. Ann. Bd. 137, S. 437 u. 649.

Kugelgestalt haben, so ist nach Maxwell $H = 2K$, mithin $k = 1{,}333$.

Besteht das Gasmolekül aus einer geraden Anzahl materieller Punkte (Atome), so muß der Theorie zufolge k kleiner als 1,333 oder höchstens gleich diesem Werthe sein. Diese Eigenschaft kommt den chemischen Reactionen zufolge den Molekülen des Sauerstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs zu. Das Experiment liefert aber Werthe von k, die zwischen 1,395 und 1,413 liegen, so daß hier ein zur Zeit ungelöster Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung besteht.

Es giebt Gase, welche nach den chemischen Reactionen einatomig sind, wenn man den Wasserstoff als zweiatomig ansieht. Ein solches ist das Quecksilbergas. A. Kundt und E. Warburg haben deshalb das Verhältniß k bestimmt aus dem Verhältniß der Schallgeschwindigkeit des Quecksilbergases zu derjenigen der Luft, welches sie experimentell nach der früher von ihnen angegebenen Methode der Staubfiguren bestimmt haben. Das Experiment ergab nun den Werth von k für das Quecksilbergas 1,186 mal so groß, als für Luft; wenn man daher für Luft den von Röntgen gefundenen Werth 1,405 annimmt, (s. Jahrg. X dieses Jahrb., S. 162), so erhält man für das Quecksilbergas 1,666. Damit ist bewiesen, daß das Molekül des Quecksilbergases im Bezug auf seine mechanischen und thermischen Eigenschaften sich merklich wie ein materieller Punkt verhält.

Aus dem gefundenen Werthe findet sich ferner die specifische Wärme des Quecksilbergases bei constantem Volumen gleich 0,1027, die kleinste aller bisher bekannten, wenn die der Luft gleich 0,1690 gesetzt wird.

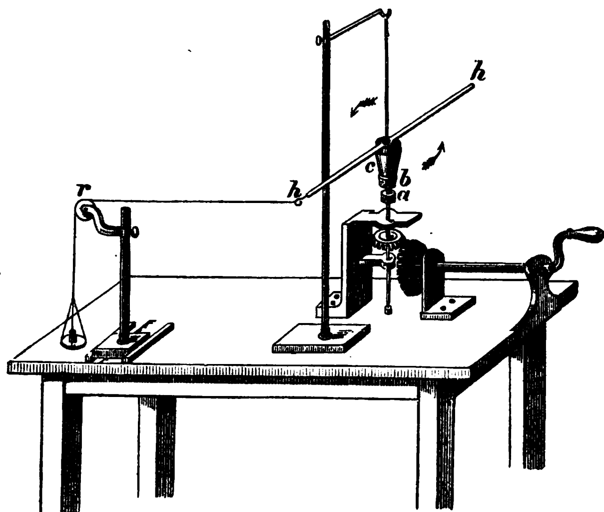
Die für Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff bestehenden Schwierigkeiten sind hiermit allerdings nicht beseitigt; man darf aber annehmen, „daß die Ursache des hervorgehobenen Widerspruchs zwischen Erfahrung und Theorie nicht in den Grundprincipien stecke, sondern in der Art ihrer Anwendung auf die vorliegende Frage.“

Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Einen einfachen Schulapparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes hat J. Puluj

in Firme angegeben.*) Derselbe besteht aus einer Schwungmaschine mit verticaler Spule a (s. Fig. 20), einem Calorimeter c zur Messung der Wärme, welche in demselben durch Reibung erzeugt wird, und einer Hebelvorrichtung hhr zur Messung der in Wärme umgesetzten Arbeit. Die Spule a trägt zunächst ein konisches, innen mit Holz gefüttertes und durch drei Schrauben coachsial zu stellendes Metallstück b,

Fig. 20.



über welchem sich das Calorimeter c befindet. Dieses besteht aus zwei abgestumpften Hohlkegeln aus Gußeisen, von denen der innere etwas aus dem äußeren herausragt und nicht ganz auf den Boden desselben auftrifft. Bei dem Puluj'schen Apparate, mit dem die nachher zu erwähnenden Versuche angestellt wurden, war beim äußeren Kegel der Durchmesser der Basis 1,8 Centim., der innere Durchmesser der Oeffnung

*) Carl's Repert. der Exper.-Physik XI, S. 361 u. 371; Poggend. Ann. Bd. 137, S. 437 u. 649.

2,85 Centim., die Wandstärke 0,11 Centim., beim inneren Kegel der Durchmesser der Basis 1,68 Centim., der innere Durchmesser der Oeffnung 2,75 Centim., die Wandstärke 0,13 Centim., und die Höhe betrug bei beiden Kegeln 4,7 Centim. Der innere Kegel trägt einen dünnen Holzdeckel, auf welchen ein leichter Holzbalken hh geschraubt ist. Durch die Mitte des Balkens und des Deckels geht eine Durchbohrung, in welche das Thermometer gesteckt wird, welches zur Messung der Temperatur des Quecksilbers dient, mit welchem der innere Kegel gefüllt ist. An dem einen Ende des Balkens hh ist ein Häkchen angebracht, an welchem der über die feste Rolle r gelegte Faden einer Wagschale befestigt ist.

Sobald nun die Schwungmaschine in Bewegung gesetzt wird, sucht der äußere Kegel den inneren und also auch den Balken hh mitzunehmen und die Schale sammt Belastung zu heben. Durch wiederholte Versuche findet man aber eine Belastung, bei welcher der Balken mit dem horizontalen Theile des Fadens einen rechten Winkel einschließt; das Gewicht der Schale mit Belastung, vermindert um die Reibung an der Achse der Rolle, ist dann diejenige Kraft, welche mittels Reibung in Wärme umgesetzt wird. Ist nun n die Zahl der Umdrehungen in der Secunde, welche die Spule macht, t die Zeitdauer des Versuches in Secunden, ϑ_0 die Anfangs- und ϑ die Endtemperatur des Calorimeters, P das corrigirte Gewicht der Schale sammt Belastung in Gramm, c der Wasserwerth des Calorimeters, l die Länge des Hebelarmes der Kraft P, R die Abkühlungsgeschwindigkeit, so ergiebt sich das mechanische Wärmeäquivalent mittels der Formel

$$J = \frac{n \pi l P (2 - Rt) t}{c(\vartheta - \vartheta_0)}.$$

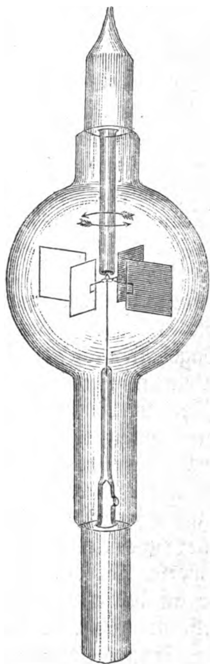
Statt bei senkrechter kann auch bei jeder beliebigen Lage des Balkens gegen den Faden experimentirt werden; man muß dann den berechneten Werth noch mit dem Cosinus des Neigungswinkels multipliciren.

Puluj theilt a. a. O. zwei Versuchsreihen mit. Bei der ersten findet er als Mittel aus 28 Versuchen, bei denen t zwischen 20 und 50 Secunden schwankt und $n = 7,2$ ist, den Werth $J = 425,2 \pm 5,4$; die zweite Reihe liefert als Mittel aus 57 Beobachtungen $J = 426,7 \pm 5,9$.

Anziehung und Abstoßung durch Strahlung.

Seit dem Sommer 1873 hat der als Entdecker des Thalliums bekannte englische Naturforscher William Crookes auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam gemacht, auf welche er bei seinen Arbeiten zur Bestimmung des Atomgewichtes des Thalliums geführt worden ist und welche, auf den ersten Blick wenigstens, dafür zu sprechen scheinen, daß Licht- und Wärmestrahlen eine bewegende Wirkung auf leichte Körperchen ausüben, die sich in einem stark luftverdünnten Raume befinden.*) Am einfachsten kann man die Fundamentalerscheinungen an einem kleinen von Crookes angegebenen und mit dem Namen Radiometer belegten, oft auch Lichtmühle benannten, Apparate beobachten. Fig. 21 zeigt in 1/2 der natürlichen Größe ein von Prof. Weinhold in Chemnitz einem Geißler'schen Apparate nachgebautes Radiometer.**) Im Innern des mit einer Quecksilberluftpumpe entleerten Glasgefäßes ruht auf einer feinen Nadelspitze ein Glashütchen, mit welchem 4 rechteckige Flügel aus geglühtem Glimmer, die auf der einen Seite berußt sind, durch 0,2 Millim. starke Platindrähte verbunden sind, so daß ein leicht bewegliches Schaufelrad gebildet wird. Setzt man dasselbe Licht- oder Wärmestrahlen aus, so geräth es in Drehung, die mit wachsender Intensität rascher und rascher wird und im Sinne einer Abstoßung der schwarzen Flächen durch die

Fig. 21.



---

*) Philos. Mag. 1874 July, p. 65; Aug., p. 81; 1876 Aug., p. 145. Nature X, p. 174; XI, p. 494; XII, p. 6, 58, 125; XIII, p. 391, 450. Poggend. Ann. Bd. 156, S. 488.

**) „Radiometer-Versuche" und „Manipulationen zur Anfertigung der Radiometer" in Carl's Repert. der Experim.-Physik XII.

Strahlen vor sich geht. Weinhold berichtet z. B. von einem Exemplar der abgebildeten Art, daß es etwa 5 Umdrehungen in der Secunde macht, wenn man es dicht an den Glascylinder eines Argandbrenners von stündlich 0,15 Cubikmeter Gasverbrauch bringt. Ehe wir auf diese und andere Erscheinungen näher eingehen, sei es gestattet, vorher einiger älteren Beobachtungen zu gedenken.

Schon der englische Pfarrer Rev. Abraham Bennet, der in Folge verschiedener physikalischer Arbeiten Aufnahme in die Königl. Gesellschaft der Wissenschaften fand, machte 1792 die Wahrnehmung, daß leichte, in der Luft leicht beweglich aufgehängte Körper von erwärmten Körpern angezogen werden; er schrieb indessen diese Erscheinung Luftströmungen zu. Lichtstrahlen, die er durch eine Lupe concentrirte, äußerten keine wahrnehmbare Wirkung.*)

Angeregt durch einige Beobachtungen von Libri, welche für eine abstoßende Wirkung der Wärme zu sprechen schienen, stellte in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts Fresnel eine Reihe von Versuchen mit einer Drehwage an.**) Als Wagebalken diente ein leichter magnetischer Stahldraht, der, an einem Coconfaden aufgehängt, sich fast genau in den magnetischen Meridian stellte und an den Enden kleine Scheiben von Rauschgold und Glimmer trug, von denen die eine gegen eine feste Scheibe aus Rauschgold stieß. Das Ganze befand sich unter einer Glasglocke in einem bis auf 1 bis 2 Millim. Quecksilbersäule luftverdünnten Raume. Sobald nun durch eine Lupe ein Bündel Sonnenstrahlen auf die feste Scheibe geworfen wurde, übte dieselbe eine abstoßende Wirkung auf die an ihr anliegende Scheibe des Wagebalkens und dieselbe entfernte sich vom magnetischen Meridiane.

Einige Jahre später veröffentlichte Mark Watt***) die Resultate ähnlicher von ihm angestellter Versuche, aus denen er den Schluß zog, daß alle Körper von hinlänglicher specifischer Leichtigkeit, welche zwei ebene flächenartige Seiten haben,

*) Philos. Transactions for 1792.

**) Annales de Chimie et de Physique Tome 29 (1825), p. 67.

***) Edinb. Philos. Journal, June 1828; Auszug in Froriep's Notizen Nr. 457 (Bd. 21, Nr. 17, Juli 1828); Pfaff in Schweigger's Journ. Bd. LVI.

immer die Ränder dieser Flächen den Ausströmungspunkten des Lichtes zuzukehren und ihre Flächen parallel zur Einfallsebene zu stellen suchen. Watt will nicht blos bei Sonnen- und Kerzenlicht, sondern auch bei den Mondstrahlen derartige Wirkungen beobachtet haben. C. H. Pfaff in Kiel hat diese Versuche wiederholt, indem er unter einer mit Luft erfüllten Glasglocke die Ruthe einer Pfauen-Schwanzfeder auf einer Stahlspitze beweglich aufstellte, an ihren Enden Scheiben von Blattsilber oder Blattgold anbrachte und ähnlich, wie oben bei Erwähnung der Fresnel'schen Versuche beschrieben worden ist, experimentirte; derselbe hielt die von ihm beobachteten Bewegungserscheinungen für ein Erzeugniß von Luftströmungen, eine Wirkung der Mondstrahlen konnte er nicht wahrnehmen.

Um dieselbe Zeit machte Muncke in Heidelberg ganz zufällig die Wahrnehmung, daß Licht- oder Wärmestrahlen eine richtende Wirkung auf den Balken einer im dortigen physicalischen Cabinet unter einer Glasglocke aufgestellten Drehwage ausübten.*) Er studirte diese Erscheinungen weiter und zeigte sie gleich Anfangs Kämtz und M. von Horner, die damals zum Besuche der Naturforscher-Versammlung in Heidelberg waren; auch machte er 1830 der Naturforscher-Versammlung in Hamburg Mittheilung davon. Versuche mit einem Rumford-schen, mit heißem Wasser gefüllten Blechwürfel zeigten, daß nicht blos Sonnenstrahlen, sondern auch dunkle Wärmestrahlen eine Wirkung auf den Balken einer leicht beweglichen Drehwage äußern, und Muncke kam darauf, diese Wirkung durch Elektricität zu erklären. „Sowie nämlich die stärkere Wärme auf das Glas wirkte, wurde dieses in solchem Grade elektrisch, daß es nicht blos eine schnelle horizontale Drehung des Wagebalkens bewirkte, sondern sogar das Kügelchen (am Wagebalken) mit sammt dem Wagebalken aus der Entfernung von einem Zoll bis zum Anschlag anzog, in einigen Fällen sogleich, in anderen Fällen erst nach einem mehrere Secunden dauernden Festhalten abstieß, nach einigen Secunden der Ruhe aus der ihm mitgetheilten Entfernung abermals anzog" u. s. w. Diese Erklärung wurde von dem russischen Akademiker E. Lenz an-

*) Poggend. Ann. Bd. 17, S. 159 (Herbst 1829); Bd. 18, S. 239; Bd. 20, S. 417; Bd. 29, S. 381.

gefochten*), der, ähnlich wie früher Pouillet bei Gelegenheit der Fresnel'schen Versuche, das Ganze durch Luftströmungen erklären wollte.

Seitdem sind von einigen anderen Physikern, namentlich von Forbes und Baden-Powell, Untersuchungen über die abstoßenden Wirkungen der Wärme angestellt worden, aber ohne positives Resultat.**)

Crookes stellte seine Versuche Anfangs ebenfalls mit drehwagenähnlichen Instrumenten an. Ein dünnes Glasstäbchen mit Scheibchen von Hollundermark, Elfenbein, Kork, Metall oder anderen Stoffen wurde an einem Cokonfaden oder besser noch an einem Glasfaden im Innern einer Glaskugel aufgehängt, die an eine längere Glasröhre angeschmolzen war. Mittels einer Sprengel'schen Luftpumpe wurde das Gefäß luftleer gemacht. Dieser Apparat war so empfindlich, daß selbst eine bloße Berührung eines Punktes der Glaskugel mit dem Finger eine abstoßende Wirkung auf das Markscheibchen ausübte, so daß der Wagebalken sich um 90° drehte, während derselbe einem Stücke Eis, das man hin hielt, folgte, wie Eisen einem Magnete. Brachte man eine Kerze bis in etwa 2 Zoll Entfernung von der Kugel, so begann die Drehwage immer größere und größere Schwingungen zu machen, die endlich zu mehrmaligen Rotationen anwuchsen und so lange anhielten, als die Kerze brannte.

Je weniger vollständig das Vacuum ist, desto geringer ist der Einfluß der Licht- und Wärmestrahlen, bis er bei einem gewissen „neutralen“ Punkte ganz aufhört; jenseits dieses Punktes äußert sich dieser Einfluß in entgegengesetztem Sinne. Die Dichtigkeit der Luft, welche dem neutralen Punkte entspricht, ist aber verschieden je nach der Substanz, auf welche das Licht oder die Wärme wirkt. Daher kommt es, daß Licht- und Wärmestrahlen auf zwei Substanzen in gerade entgegengesetztem Sinne wirken können, wenn nämlich die Luftdichtigkeit zwischen den neutralen Punkten dieser Substanzen liegt.

Crookes hat sich wiederholt davon überzeugt, daß allen

---

*) Poggend. Ann. Bd. 25, S. 241; die Entgegnung von Muncke findet sich Bd. 29, S. 381.

**) Edinb. Transactions XII u. Philos. Transactions for 1834.

Strahlen des Spectrums eine Wirkung der erwähnten Art zukommt. Auf Grund neuer Versuchsreihen giebt er für die mechanische Leistung der verschiedenen Theile des Sonnenspectrums folgende relative Zahlen:

Ultraroth	100	Grün	41
äußerstes Roth	85	Blau	22
Roth	73	Indigo	8,5
Orange	66	Violett	6
Gelb	57	Ultraviolett	5

Bei den betreffenden Versuchen war der Wagebalken an beiden Enden mit auf der einen Seite geschwärzten Markscheiben versehen; der ganze Apparat war ringsum mit Baumwolle und Wasserflaschen umgeben, um ihn vor Bestrahlung zu schützen, mit Ausnahme der Stelle, wo die Lichtstrahlen auf die Markscheibe fielen. Die Drehung des Balkens wurde mittels eines reflectirten Lichtstrahles an einer Millimeterscala beobachtet.

Sonnenlicht wurde durch Alaun, Glas und Wasser geleitet und so von den ultravioletten, sowie von den dunkeln Wärmestrahlen befreit; als der Strahl auf die Markscheibe fiel, ergab sich ein Ausschlag von 105^{0}, der aber auf 2^{0} herabging, sobald eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff eingeschalten wurde. Kerzenlicht, in gleicher Weise von den ultrarothen und den dunkeln Wärmestrahlen befreit, gab 37^{0} Ausschlag, der beim Dazwischentritt einer opaken Jodlösung auf 5^{0} herabsank.

Um den Einfluß der Substanz, durch welche die Strahlen fallen, zu prüfen, traf Crookes die Einrichtung so, daß Strahlen derselben Quelle auf verschiedene Scheiben fielen, die mit einander vertauscht wurden. Es ergaben sich dabei folgende Relativzahlen:

mit Lampenruß geschwärztes Hollundermark	100	Rothes Quecksilber- und Kupferjodid	22
Palladiumjodid	87,3	Silber mit Lampenruß geschwärzt	18
Silberniederschlag	56	Weißes Hollundermark	18
Amorpher Phosphor	40	Kohlens. Bleioxyd	13
Schwefels. Baryt	37	Steinsalz	6,5
Schwefelmilch	31	Glas	6,5.
Eisenoxyd	28		

Die Behauptung von Prof. Tait und Dewar*), daß

*) Nature XII, p. 217.

Steinsalz keine Wirkung zeige, weil es sich nicht erhitze, während Glas wirksam sei, hat Crookes nicht bestätigt gefunden.

Der Ausschlag, den der Balken der Drehwage macht, ist unter übrigens gleichen Umständen umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung der Quelle, von der die Strahlen ausgehen; er folgt also dem Gesetze, nach welchem sich die Intensität jeder strahlenförmig sich ausbreitenden Wirkung im Raume ändert. Man kann daher wohl auf den Gedanken kommen, die besprochene Erscheinung zur Messung der Intensität der Strahlung zu benutzen; Crookes hat dies beabsichtigt bei der Construction seines bereits erwähnten Radiometers, das im Wesentlichen mit dem oben beschriebenen Weinhold=schen übereinstimmt, nur daß es Scheiben von Hollunder= oder Sonnenblumenmark hat, die auf der einen Seite geschwärzt sind. Wie aus den angeführten Versuchen hervorgeht, üben auch dunkle Wärmestrahlen die in Frage stehende Wirkung und das Radiometer rotirt daher auch im Dunkeln. Man kann sich davon nach Poggendorff's Angabe überzeugen, indem man das Instrument hinter eine Platte schwarzen Glases stellt, wie man es gewöhnlich zum Polarisiren des Lichtes gebraucht, und vor dieses eine Kerzenflamme hält. Dieses Glas ist nach Melloni nur für dunkle Wärmestrahlen durchläßig und verdankt, wie Splitgerber nachgewiesen hat, seine Schwärze einem Gehalte an Schwefel. Daß die Auflösung des Jod in Schwefelkohlenstoff, an der Tyndall die Eigenschaft des schwarzen Glases nachgewiesen hat, ebenfalls dunkle Strahlen in hinlänglicher Menge durchläßt, um eine Wirkung zu äußern, ist bereits erwähnt worden.

Was nun die Theorie dieser Erscheinungen anlangt, so denkt Crookes an eine directe mechanische Wirkung, an einen Stoß der Licht= und Wärmestrahlen. Professor Osborne Reynolds hat dagegen darauf hingewiesen, daß möglicherweise an den durch die Strahlen erwärmten dunkeln Flächen eine Verdampfung eintrete, welche die Bewegung bewirkt. Angesichts der anscheinend nicht zu überwindenden Schwierigkeit, welche die Entfernung der letzten Spuren von Wasserdampf aus einem Vacuum verursacht, hat diese Ansicht Vieles für sich und wird auch nicht widerlegt durch die Versuche, welche Crookes anstellte. Derselbe setzte nämlich die Evacuirung mehrere

Tage fort und erhitzte inzwischen mehrmals den Apparat, welcher einen Aluminium-Wagebalken, an einem Platindrahte aufgehängt, besaß, zur Dunkelrothgluth; nach dem Verschließen und Erkalten zeigten sich dann die Erscheinungen gleichwohl in der bekannten Weise, was allerdings darin seine genügende Erklärung findet, daß das angewandte Verfahren nicht genügt zur Entfernung der letzten Reste von Wasserdampf; indessen hat Weinhold bemerkt, daß die Bewegung nach der Reynolds-schen Theorie gerade entgegengesetzt erfolgen müßte, als die Beobachtungen ergaben.

Durch Luftströmungen hat Dr. F. Neesen in Berlin die fraglichen Erscheinungen zu erklären versucht.*) Derselbe hat schon vor mehreren Jahren ähnliche Wirkungen von Lichtstrahlen beobachtet, die sich ihm sehr unliebsam bemerklich machten, „weil durch sie die Stellung eines an einem Coconfaden befestigten Spiegels verändert wurde. Selbst in einer Entfernung von 1 bis 2 Meter von dem Spiegel drehten die von einer Kerze, welche zur Beleuchtung einer Scala benutzt wurde, kommenden Lichtstrahlen den Spiegel noch so stark, daß die kleinen Torsionsschwingungen bedeutend gestört wurden.“ Nach dem Bekanntwerden der Crookes'schen Versuche stellte nun Neesen neue Experimente an, indem er in einem Kasten aus Eisenblech einen kleinen Papierstreifen mit darunter angebrachtem Spiegelchen gegenüber einem in der Wand des Kastens befindlichen Glasfenster an einem Coconfaden aufhing. Die Drehung des Spiegels wurde mittels Fernrohr und Scala abgelesen. Die Strahlen, welche von einer Petroleumlampe ausgingen, fielen entweder unconcentrirt oder gewöhnlicher concentrirt auf das Papierstück. Durch diese Strahlen wird nun eine Stelle des Papierstreifens, sowie auch die Luft zwischen diesem und dem Glasfenster erwärmt. In Folge davon treten Luftströmungen ein, sowohl nach dem Raume hin, in welchem die erwärmte Luft aufsteigt, als auch nach der erwärmten Stelle des Papieres. Je nachdem man diese Stelle wählt, suchen beide Strömungen den Spiegel entweder in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne zu drehen. Bei den Neesen'schen Versuchen überwog Anfangs die erstere Strömung; in dem Maße

*) Poggend. Ann. Bd. 154, S. 144.

aber, wie das Papier sich erhitzte, wurde die letztere kräftiger. Daher schlug auch, wenn die Strömungen in entgegengesetztem Sinne wirkten, der Spiegel später nach der entgegengesetzten Seite aus, als im Anfange des Experimentes. Der Ausschlag zeigte sich ferner abhängig von der Entfernung des Spiegels von dem Glasfenster, also von der Dicke der Luftschicht zwischen beiden. Verdünnt man die Luft hinlänglich, so hört die Wärmeleitung in ihr sehr rasch ganz auf, die Lufttheilchen zwischen dem Spiegel und der Glasscheibe erwärmen sich nicht mehr, und es tritt daher, weil jetzt die durch jene Erwärmung erzeugte Luftströmung ganz oder zum großen Theile wegfällt, gleich Anfangs die Bewegung des Spiegels im entgegengesetzten Sinne ein. „Die Abhängigkeit des sogenannten neutralen Punktes von der Natur der am Cocon- oder Glasfaden befestigten Körper, auf welche die Lichtstrahlen fallen, ist eine Folge davon, daß diese Körper sich verschieden rasch erwärmen. Daher überwiegt die Intensität der nach ihnen gerichteten Luftströme die Intensität der nach der zwischenliegenden Luft gerichteten Ströme bald früher bald später.“

Poggendorff möchte die Erscheinungen „weder durch einen Stoß der Lichtstrahlen auf die schwarzen Flächen, wie Crookes annimmt, noch durch eigentliche Luftströmungen, d. h. durch direct vom Licht erzeugte Bewegungen der Luft“ erklären, sondern glaubt, daß sie „aus einer verwickelteren Ursache entspringen. Nimmt man nämlich an, daß die schwarzen Flächen vom Licht erwärmt werden, mehr als die weißen, und daß die so erwärmten Flächen auf die Luft, die man trotz der hohen Verdünnung noch in dem Instrumente voraussetzen darf, ja durch Influenzelektricität sogar nachweisen kann, abstoßend wirken, so hat man in der Rückwirkung der Luft einen, wie es scheint, möglichen Grund zu den Rotationen und ist nicht genöthigt, dem Lichte neue Eigenschaften beizulegen.“ Poggendorff macht auch noch darauf aufmerksam, daß es für die obwaltende Frage entscheidend wäre, die Versuche in einem vollkommneren Vacuum anzustellen, wie solches Geißler, Andrews, Gassiot und neuerdings Tait und Dewar mittels Holzkohle hergestellt haben. Es wird nämlich Holzkohle in das zu evacuirende Gefäß gebracht und während des Auspumpens erhitzt; nach dem Zuschmelzen des Gefäßes absorbirt dann

die erkaltende Kohle den kleinen Rückstand von Luft. Indessen haben Tait und Dewar mit einem solchen Vacuum, dessen Dichtigkeit 1/4,000,000 der gewöhnlichen war, experimentirt und alle wesentlichen von Crookes gefundenen Erscheinungen beobachtet. Daß in einem solchen Vacuum nicht alle Wirkung aufhört, erklärt sich nach der mechanischen Gastheorie daraus, daß die Gastheilchen hier sehr große Wege machen. Während bei gewöhnlichem Drucke der mittlere Weg eines Luftmolekûles 1/10,000 Millimeter beträgt, kann bei einer Verdünnung von 1/4,000,000 das Molekül einen Weg von ungefähr 400 Millim. machen, ehe es wieder ein Molekül trifft, von dem es zurückgestoßen wird.

Im Allgemeinen erkennt man aus diesem Widerstreit der Meinungen, daß noch keineswegs eine allseitig stichhaltige und befriedigende Erklärung gefunden ist, während andererseits eine Fülle von Beobachtungsmaterial gesammelt worden ist.

Schließlich muß noch erwähnt werden, daß ungefähr gleichzeitig mit Crookes auch A. Bergner auf dasselbe Phänomen aufmerksam geworden ist und dasselbe näher studirt hat.*)

Elektricität und Magnetismus.

Magneto-elektrische Inductionsmaschinen mit ununterbrochenem Strome von unveränderlicher Richtung.**)

Die erste magneto-elektrische Maschine mit kräftigem Strome von unveränderlicher Richtung wurde 1851 von Siemens und Halske in Berlin zur Londoner Ausstellung geschickt. Sie war nach dem vielfach benutzten Princip construirt, mehrere Magneto-Inductionsmaschinen so zu verbinden, daß die Zeiten der größten Stromstärke eines Theiles der Magnete mit den Zeiten der geringsten Stromstärke der anderen zusammenfallen. Eine auf einem Kugelzapfen aufliegende runde eiserne Scheibe

*) Bergner, die Anziehung und Abstoßung durch Wärme und Licht und die Abstoßung durch Schall. Boizenburg 1874. — Vergl. auch Berthold, „Zur Gesch. des Radiometers" in Poggend. Ann. Bd. 158.

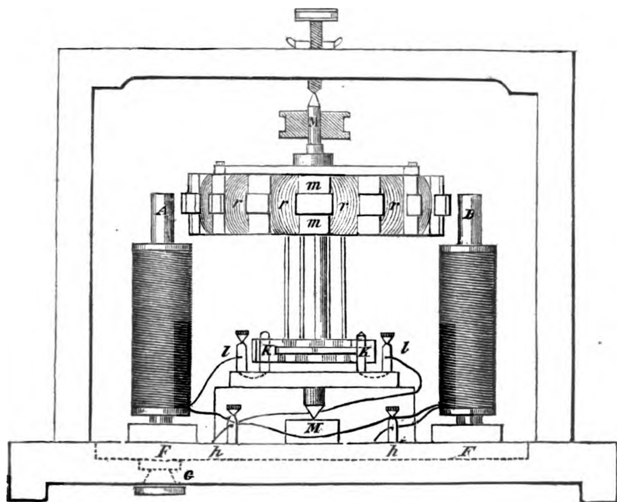
**) „Magneto-electric machines " The substance of a lecture, delivered at the Belfast Philos. Soc. by Dr. Andrews. Nature XII, p. 90, 130, 170. — Zetzsche, „Zur Geschichte der Magneto-Inductions-Maschinen" in Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 216, S. 491.

(ein Teller) dreht oder wälzt sich auf die eigenthümliche Weise, in welcher sich ein auf seinen Rand gestellter und in Drehung versetzter Teller kurz vor dem völligen Umfallen bewegt, auf im Kreise aufgestellten Magnetpolen, welche nach einer ziemlich stumpfen Kegelfläche abgeschnitten sind, entsprechend der unteren, einen Kegelmantel bildenden Tellerfläche; die Kreisebene liegt etwas tiefer als der Kugelzapfen. Die Oberseite des Tellers trägt auf ihrer Mitte einen metallenen Arm, der bei der Tellerbewegung einen Kegel beschreibt und dessen oberes Ende in einen auf der Achse eines Commutators sitzenden Arm eingreift und diese Achse in Drehung versetzt. Auf diese Weise bewirkt die Rotation des Tellers die Oeffnung und Schließung von Contacten, mittels deren der Strom einer galvanischen Batterie immer durch die eine Hälfte der Elektromagnete gesendet wird. Durch die Elektromagnete wird der Teller selbst magnetisch inducirt, zugleich aber auch durch die auf ihn ausgeübte Anziehung in seiner Bewegung erhalten. Jeder Elektromagnet hat aber noch eine zweite Umwickelung, in welcher allemal beim Auftreten und Verschwinden des Stromes in der ersten Umwindung ein Inductionsstrom erregt wird. Diese zweiten Umwickelungsdrähte sind nun zu einem in sich zurücklaufenden Ganzen verbunden, an der Verbindungslinie von je zwei benachbarten Umwickelungen aber ist der Draht in Form einer Schleife nach dem Commutator geführt, der sämmtliche Ströme als einen ununterbrochenen Strom von unveränderlicher Richtung den gemeinschaftlichen Abführungsdrähten zuführt. Diese, noch jetzt bei Siemens und Halske existirende, Maschine sollte mit Hilfe weniger Elemente einen elektrischen Strom von großer Spannung zum Betrieb langer Telegraphenlinien liefern. Es wurde auch mit ihr direct von Leipzig über München nach Wien telegraphirt und während der Londoner Ausstellung diente sie zum Betrieb von Telegraphen und anderen Apparaten. Aber ihre weitere Ausbildung unterblieb, und ebenso ist sie nirgends näher beschrieben worden (Zetzsche).

Im Jahre 1860 baute Prof. Dr. Antonio Pacinotti in Florenz für das physikalisch-technologische Cabinet der Universität Pisa eine Magneto-Inductionsmaschine mit ununterbrochenem Strom von unveränderlicher Richtung und Stärke,

die in dem am 3. März 1865 ausgegebenen Juniheft des 19. Bandes der Zeitschrift „Il Nuovo Cimento“ beschrieben und abgebildet ist. Der wesentlichste Bestandtheil dieser Maschine, die Fig. 22 im Aufriß, Fig. 23 im Grundriß darstellt, ist die Form der Armatur, von Pacinotti „Quer-Elektromagnet“ (elettro-calamita trasversale) genannt. Dieselbe besteht aus einem mit 16 gleichen Zähnen versehenen Eisenringe mm' welcher durch 4 Messingarme aa an der verticalen Achse MM

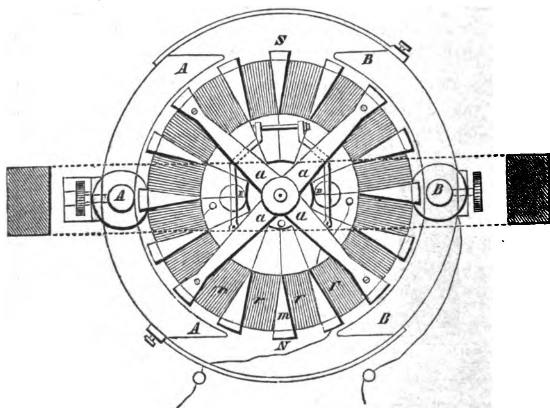
Fig. 22.



befestigt ist; dieser Ring ist mit seideumsponnenem Kupferdraht umwickelt, es wird aber durch die Zähne und auf dieselben gelegte dreiseitige Holzprismen die ganze Bewickelung in 16 einzelne, wohl isolirte Spulen rr abgetheilt, die alle in dem gleichen Sinne gewickelt sind und je neun Lagen enthalten. Jedes von einer Spule zur nächsten führende Drahtstück ist als Schleife in dem dazwischenliegenden Holzstück befestigt und durch passende Löcher in einer auf der Achse MM sitzenden Holzscheibe nach dem am Untertheile der Achse befestigten

Commutator geführt. Auf der Mantelfläche der Holzscheibe dieses letzteren sind in zwei Reihen, gegen einander verstellt, je 8 Messingstücke eingelegt, welche ein wenig über das Holz vorragen, so daß je zwei diametral entgegengesetzte von den Metallrollen kk berührt werden. Werden nun diese letzteren mit den beiden Achsen einer Batterie verbunden, so wird der Strom in zwei Zweigen durch die ein Ganzes bildende Umwickelung geführt, und es erscheinen an den diametral entgegengesetzten Punkten N und S des Eisenringes, von wo die Drähte ausgehen, durch die der Strom aus- und eintritt,

Fig. 23.



ein Paar Magnetpole. Der Eisenring verhält sich wie zwei mit ihren Enden an einander gesetzte Hufeisenmagnete, die vom Strome in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden. Diese beiden Pole werden nun von den beiden Polen A und B eines festen Elektromagneten angezogen und abgestoßen und in Folge dessen beginnt der Ring um seine Achse zu rotiren. An die Stelle der beiden Pole im Ringe treten jetzt immer neue, die aber im Bezug auf die feststehenden Theile an derselben Stelle liegen. Die Schenkel des Elektromagneten sind in dem geschlitzten Eisenstabe FF durch Schrauben

verstellbar; die Pole dieses Magneten sind mit Schuhen AA und BB versehen, welche den Quer-Elektromagnet mehr als auf 1/3 seines Umfanges umfassen. Die Klemmen hh und ll führen denselben Strom um AB und durch die Spulen rr.

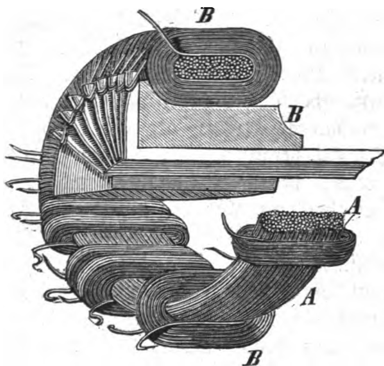
Diese elektro-magnetische Maschine geht in eine magneto-elektrische mit ununterbrochenem Strome von stets gleicher Richtung über, wenn der Elektromagnet AB durch einen permanenten Magneten ersetzt und der Quer-Elektromagnet in Rotation versetzt wird. Es treten dann in dem letzteren an diametral entgegengesetzten Punkten N und S in Folge der Influenz von A und B Magnetpole auf, welche in den Drahtumwindungen Ströme von gleicher Richtung induciren, die sich summiren.

Pacinotti erhielt auch wirklich einen ununterbrochenen Strom von unveränderter Richtung, wenn er während der Drehung des Quer-Elektromagneten demselben die entgegengesetzten Pole zweier permanenten Magneten näherte oder den festen Elektromagneten durch einen Strom magnetisirte. Dieselbe Maschine ließ sich also ebensowohl zur Umwandlung des elektrischen Stromes in mechanische Arbeit, als zur Umwandlung von Arbeit in Elektricität benutzen. In ersterer Hinsicht ergaben die Versuche, welche Pacinotti anstellte, indem er mittels der Schnurscheibe oben an MM ein Gewicht heben ließ, einen Aufwand von 33 bis 36 Milligr. Zink für jedes Meterkilogramm Arbeitsleistung.

Ehe noch die Pacinotti'sche Maschine mit einem zwischen zwei Magnetpolen rotirenden ringförmigen Kern in der Inductionsspule eine Verwendung fand, wurde Dr. Werner Siemens, ausgehend von der Thatsache, daß jede elektromagnetische Maschine in sich einen bei wachsender Geschwindigkeit der Drehung an Stärke zunehmenden Gegenstrom erzeugt, durch theoretische Betrachtungen auf das „dynamo-elektrische Princip" geführt (vergl. Jahrg. III dieses Jahrb., S. 147). Der Mechaniker H. Wilde in Manchester war diesem Princip sehr nahe, indem bei seiner Maschine (dieses Jahrb. III, S. 150 und IV, S. 135) zwei rotirende Siemens'sche Cylinder-Inductoren angebracht waren, von denen der eine, mit einem Stahlmagneten versehene, nur zur dauernden Magnetisirung des inducirenden Elektromagnetes des anderen benutzt wurde;

hätte Wilde an die Stelle des Stahlmagneten auch einen Elektromagnet gesetzt und den Strom des zweiten Inductors zur Erregung dieses Elektromagneten benutzt, so hätte er eine dynamo-elektrische Maschine gehabt. Ueber die dynamo-elektrischen Maschinen von Siemens und Ladd ist im IV. Jahrg. dieses Jahrb. bereits eingehend berichtet worden und ebenso ist im VII. Jahrg., S. 166, der magneto-elektrischen Maschine von Z. T. Gramme in Paris Erwähnung geschehen, die mit der Pacinotti'schen darin übereinstimmt, daß ein ringförmiger weicher Eisenkern, der mit Kupferdraht umwunden ist, zwischen den Polen eines Magneten rotirt. Gramme hat aber das Verdienst, gleich bei seiner ersten Maschine Elektromagneten statt Stahlmagneten benutzt zu haben, die zuerst, wie bei allen dynamo-elektrischen Maschinen, nur durch den von einer früheren Erregung übrigen Rest inducirend auf den rotirenden Inductor wirken; ein Zweig des erhaltenen elektrischen Stromes dient dann zur weiteren Erregung des Elektromagneten. Uebrigens zeigt, abgesehen von Einzelheiten, die Gramme'sche Maschine im Wesentlichen dieselbe Anordnung wie die von Pacinotti, welcher denn auch mehrfach seine Prioritätsansprüche geltend gemacht hat.*)

Fig. 24.



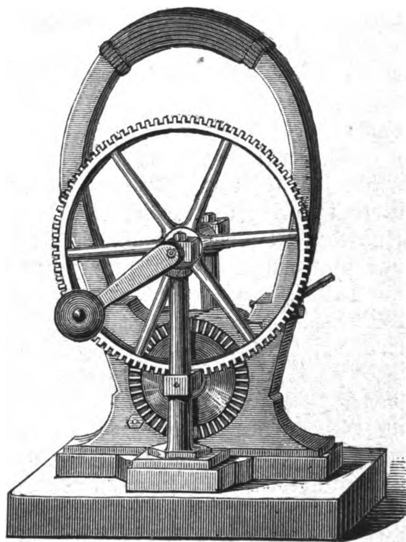
Gramme hat inzwischen seine Maschine mehrfach verbessert und es ist ihm gelungen, derselben in der Technik, wie in der Heilkunde und in physikalischen Laboratorien Eingang

*) Comptes rendus LXXIII, p. 543 u. Il Nuovo Cimento, Ser. II, Vol. IX, April—Giugno 1873.

zu verschaffen. Wir müssen daher kurze Zeit bei der gegenwärtigen Einrichtung dieser Maschinen verweilen.*)

In Fig. 24 ist die Einrichtung des Ringes oder, wie er bezeichnender genannt werden kann, des Elektromagneten ohne Ende dargestellt. Um den aus einem Eisendrahtbündel A gebildeten Kern sind die zu einem Ganzen vereinigten 60 Inductionsspulen B gewickelt; die Verbindungsdrähte zwischen je zweien dieser Spulen sind an die radialen kupfernen Blätter R geführt, welche durch Seidenbänder gegen einander isolirt sind und auf welchen an ihren aus dem Ringe vorstehenden Enden die zur Aufnahme des Stromes bestimmten, aus biegsamen Drahtbündeln bestehenden, kupfernen Besen oder Pinsel schleifen. Diese Pinsel sind an den neutralen Stellen des Ringes so geordnet, daß sie das eine Blatt schon berühren, ehe sie das andere verlassen haben, damit keine Stromunterbrechung erfolgt. In neuerer Zeit hat Gramme den Elektromagnet ohne Ende in zwei zerlegt, indem er die Verbindungsdrähte der 30 Spulen ungerader Ordnung rechts, diejenigen der 30 Spulen gerader Ordnung links herausführt und auf den ersteren, wie auf

Fig. 25.



*) Ausführlicheres giebt Alfred Niaudet-Bréguet in „Machines magnéto-électriques Gramme“ (Paris 1875); Auszug davon in Carl's Repert. der Exper.-Physik XI, S. 85.

den letzteren Pinsel schleifen läßt. Ein Commutator gestattet, diese beiden Hälften neben oder hinter einander einzuschalten. Gramme macht davon besonders in den neueren Maschinen zur Erzeugung des elektrischen Lichtes Gebrauch.

Permanente Magnete wendet Gramme nur noch bei den kleinen, für das Laboratorium bestimmten Maschinen als Stromerreger an; doch benutzt er nicht gewöhnliche Stahlmagnete, sondern Jamin'sche Lamellenmagnete. Fig. 25 zeigt eine solche Maschine mit einem doppelten Elektromagnet ohne Ende, bei dem die geraden Spiralen aus dickem und kurzem, die ungeraden aber aus feinem und langem Kupferdraht bestehen, so daß man Quantitäts- und Intensitätsströme erzeugen kann.

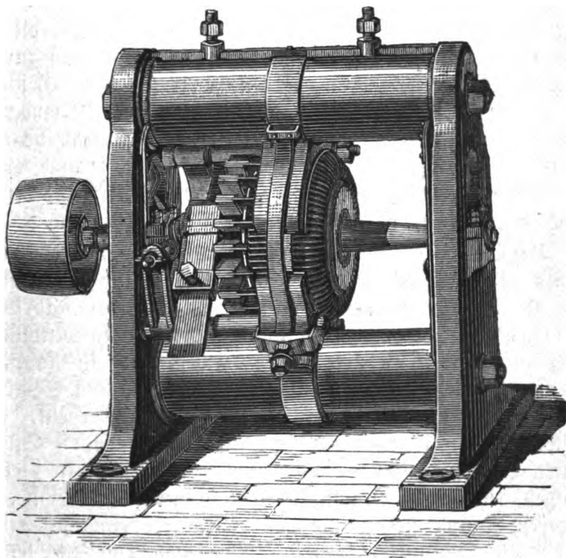
Bei den für technische Zwecke bestimmten Maschinen hat Gramme das dynamo-elektrische Princip in Anwendung gebracht.

Die erste Maschine für galvanoplastische Zwecke wurde 1872 für Christofle u. Comp. in Paris gebaut. Sie arbeitet dort mit 6 anderen gleicher Art zur vollkommenen Zufriedenheit, ohne daß eine Reparatur nöthig gewesen wäre, und ihre ganzen Unterhaltungskosten bestehen in der Auslage für das Oel zum Schmieren der Zapfen der horizontalen Mittelachse. An dieser Achse sitzen zwei Elektromagnete ohne Ende zwischen vier vertikalen doppelschenkligen Elektromagneten. Die ganze Maschine mit dem Gestell aus Rothguß hat 1,3 Meter Höhe und 0,8 Meter Breite an der breitesten Stelle; ihr Gesammtgewicht beträgt 750 Kilogramm. Sie setzt in der Stunde 600 Gramm Silber ab und braucht eine Betriebskraft von 75 Kilogramm-Meter.

Die neue galvanoplastische Maschine, welche Fig. 26 darstellt, hat nur einen einzigen Elektromagnet ohne Ende und blos zwei doppelschenklige Elektromagnete als Erreger. Sie wiegt nur 177,5 Kilogr., zu den Elektromagneten sind 47 Kilogr. Kupfer verwandt worden, aber nicht in Form runden Kupferdrahtes, sondern in Gestalt eines flachen Kupferstreifens, dessen Breite gleich der Länge des Eisenkernes und der blos in einer einzigen Spirale um jeden Eisenkern gewunden ist. Die Windungen der Elektromagnete ohne Ende bestehen aus sehr starkem, flachem Drahte, der hinlänglich steif

ist, um die Wirkungen der Centrifugalkraft aufzuheben. Die Achse der Maschine kann 500 Umdrehungen in der Minute machen, während bei den älteren Maschinen die Geschwindigkeit blos bis zu 300 Umdrehungen gehen durfte Fast der ganze Umfang des Elektromagneten ohne Ende wird von den Ankern der Elektromagneten umschlossen. Die Breite der Maschine beträgt 55, die Höhe 66 Centimeter, sie setzt in der Stunde,

Fig. 26.



wie die ältere, 600 Gramm Silber ab, erfordert aber nur 50 Kilogr.=Meter Betriebskraft.

Die ältere Maschine für elektrisches Licht, welche Gramme construirte, war mit einem Regulator für 900 Carcellampen verbunden nnd wog 1000 Kilogramm. Sie besaß drei Elektromagnete ohne Ende und sechs doppelschenklige Elektromagnete als Erreger; einer der ringförmigen Elektromagnete gab den Strom für die erregenden Elektromagnete, die anderen

beiden erzeugten den Strom für das Licht. Auf den erregenden Elektromagneten waren 250, auf den ringförmigen 75 Kilogramm Kupfer aufgewickelt. Diese Maschine, mit welcher im Glockenthurm des Westminster-Palastes in London Versuche angestellt worden sind, erhitzte sich beim Gebrauch und gab Funken an den Contacten der Metallbürsten. Deshalb hat sie Gramme mehrfach verbessert. Die neueste Form zeigt eine ähnliche Anordnung wie die in Fig. 26 dargestellte galvanoplastische Maschine. Das starke Gestell trägt zwei doppelschenklige erregende Elektromagnete und einen einzigen Elektromagnet ohne Ende, der in zwei Hälften getheilt ist, die man nach Quantität oder Intensität verbinden oder auch zur Erzeugung gesonderter Lichtbogen benutzen kann. Ihr Gesammtgewicht beträgt 183 Kilogr., auf sämmtlichen Elektromagneten befinden sich 47 Kilogr. Kupfer; sie ist 60 Centim. hoch und 55 Centim. lang und breit. Bei normalem Gange erzeugt sie ein Licht von 200 Carcellampen; doch läßt sich die Leistung durch Vermehrung der Geschwindigkeit noch steigern.

Ueber die Zweckmäßigkeit der Verwendung des elektrischen Lichtes zur Beleuchtung von Fabrikräumen sind die Ansichten noch sehr getheilt. Doch liegen z. B. aus der Fabrik von Heilmann, Ducommun und Steinlen in Mühlhausen im Elsaß günstige Berichte vor.*) Dort wird ein Raum von 60 Meter Länge und 300 Meter Breite durch 4 Serrin'sche Lampen von etwa 100 Carcellampen Leuchtkraft erhellt. Diese Lampen sind mit matten Glocken umgeben, aller 3 Stunden müssen die Kohlenspitzen ausgewechselt werden. Zu diesen 4 Lampen gehören 4 Gramme'sche Maschinen, die in einem besonderen Raume stehen und von denen jede etwa 50 Kilogr.-Meter Betriebskraft erfordert. Abgesehen von der letzteren kosten die Lampen stündlich 1 Frank; die Anschaffungskosten einer Maschine betragen 1500 Fr., und die vollständige Einrichtung und Aufstellung der 4 Maschinen hat 8000 Fr. gekostet. Es sind vielfach Versuche angestellt worden, mehr Lampen von geringerer Lichtstärke anzuwenden. Man hat den Strom auf kurze Zeit unterbrochen und nach verschiedenen

*) Journ. f. Gasbeleuchtung 1875, S. 327; Polytechn. Centralbl. 1875, S. 773.

Orten geleitet, erhielt aber kein Resultat. Auch hat Gramme versucht, kleinere Maschinen für 50 Carcellampen zu bauen sie gaben aber kein hinlänglich ruhiges Licht.

Der doppelte Ring einer Gramme'schen Maschine, wenn die Spulen der einen Hälfte mit starkem, die der andern mit feinem Drahte umwickelt sind, läßt sich noch in anderer Weise benutzen. Sendet man nämlich durch den dicken Draht dieses zwischen die Pole eines Magneten gestellten Ringes den Strom von 2 Bunsen'schen Elementen, so beginnt der Ring zu rotiren, und es wird dabei in dem feinen Drahte ein Strom von 16 Bunsen'schen Elementen inducirt. Gramme hat darauf hingewiesen, daß man diesen Strom zum Telegraphiren benutzen könne.*) Auch hat er daran gedacht, eine Kraft auf größere Entfernung fortzupflanzen, indem er da, wo die Quelle der Kraft ist, eine Magneto-Inductionsmaschine aufstellt, deren Strom an einer entfernten Stelle verwendet wird zum Magnetisiren der Elektromagnete einer zweiten, als elektro-magnetische Maschine arbeitenden Maschine.

Die neueste Magneto-Inductionsmaschine mit ununterbrochenem Strome von unveränderlicher Richtung und Stärke ist von Friedrich v. Hefner-Alteneck, Vorstand des Constructionsbureau von Siemens und Halske, im März 1872 entworfen und in mehreren Exemplaren 1873 in Wien ausgestellt worden und wird seitdem von Siemens und Halske in verschiedenen Größen, z. B. für die Zwecke der elektrischen Beleuchtung bis zu einer Lichtstärke von 14000 Normalkerzen und in verschiedener Einrichtung gebaut.**) Bei dieser Maschine sind die Drahtwindungen so angeordnet, daß unbeschadet der kräftigen Einwirkung der Magnetpole auf die als Inductionsspule dienenden Windungen, ihre Länge und somit der innere Leitungswiderstand möglichst klein wird, und daß die Möglichkeit gegeben ist, die Inductionsspule dann, wenn es vortheilhaft ist, allein rotiren zu lassen, während der Eisenkern in derselben feststeht. Es soll durch Letzteres die Entstehung der Foucault'schen Ströme verhütet werden, welche im Innern eines zwischen zwei Magnetpolen rotirenden Ankers

*) Comptes rendus LXXIX, p. 1182.

**) Dingler's Polytechn. Journal Bd. 217, S. 257; Nature XIV, p. 133.

beliebiger Form entstehen, weil dieselben einen unnützen Arbeitsaufwand verursachen und Anlaß zur Erwärmung der Maschine geben. Diese Erwärmung kann verhindert werden, während die von dem nutzbar gemachten Strome selbst herrührende unvermeidlich ist. Zur Erreichung des angegebenen Zweckes sind die Drahtwindungen nicht unmittelbar auf den Eisenkern gewickelt, sondern auf eine von ihm vollständig getrennte Trommel aus Blech, die ihn eng umschließt. Jede Windung läuft auf dem Trommelmantel parallel zur Achse, über die Stirnfläche aber in Richtung eines Durchmessers, wobei sie sich gruppenweise überkreuzen. Die Windungen auf der Trommel liegen in 8 Abtheilungen oder Gruppen zu je zweien über

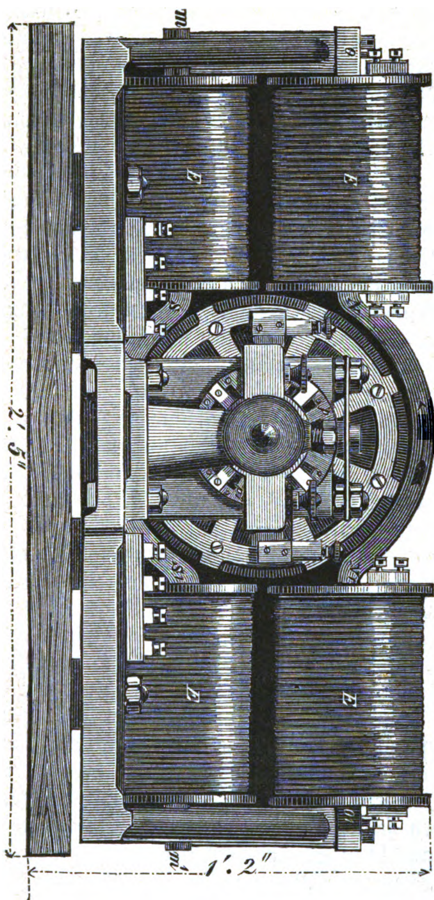


Fig. 27.

einander in je zwei gegenüberliegenden der 8 Abtheilungen der Trommel. Zusammen bilden sie ein geschlossenes Ganze von der Form eines Hohlcylinders, wie man in Fig. 27 im Längsquerschnitt bei abcd sieht. Die 16 Enden der 8 Drahtabtheilungen sind an einen achttheiligen scheibenförmigen Commutator pp_1 geführt, über welchen an zwei einander gegenüberliegenden Punkten zwei Contactrollen oder Bürsten laufen. Durch die eigenthümliche Schaltung, in welcher die 16 Drahtenden mit den 8 Sectoren des mit der Inductionsspule zugleich rotirenden Commutators verbunden sind, wird durch letzteren der in den Windungsabtheilungen ursprünglich nach jedem halben Umlauf der Spule seine Richtung ändernde Strom in einen gleichgerichteten verwandelt, der dann durch die Rollen oder Bürsten dem äußeren Schließungskreise zugeführt wird. Innerhalb der Inductionsspule liegt der Eisenkern nn′ss′, den uns Fig. 27 als einen Hohlcylinder zeigt, der aber auch massiv sein könnte; derselbe ist mittels zweier mit einander verschraubter Scheiben auf einer Eisenstange befestigt, die auf den Lagern DD festruht. Diese Stange geht durch die an die Stirnflächen der Trommel angesetzten hohlen Zapfen hindurch, um welche sich dieselbe in den beiden Achsenlagern FF dreht. An den Seiten der Trommel liegen zwei hufeisenförmige Elektromagnete, wie Fig. 28 in der Stirnansicht zeigt. Dieselben kehren einander ihre gleichnamigen Pole zu und diese Pole sind durch gebogene Eisenstücke NN_1 und SS_1 mit einander verbunden, welche die Inductionsspule oben und unten auf ungefähr je 1/3 des Umfangs umgeben und eben nur so weit von ihr abstehen, daß sie, mittels der Riemenscheibe Q in Bewegung versetzt, frei rotiren kann. Die Stücke om und o_1m_1 in Fig. 28, welche zum Schließen der ⊏-Form der Elektromagnete dienen, sind zugleich Theile des gußeisernen Maschinengestelles. Diese äußeren Magnetpole verwandeln den innerhalb der Spule liegenden Eisenkern nn_1ss_1 in einen kräftigen Quermagnet, welcher den äußeren Polen gegenüber entgegengesetzte Pole zeigt. Die Zwischenräume zwischen den beiderlei Polen bilden also magnetische Felder von hoher Intensität, durch welche die Drähte der Spule bei jeder Drehung hindurch gehen.

Bei der abgebildeten Maschine, welche zur Erzeugung

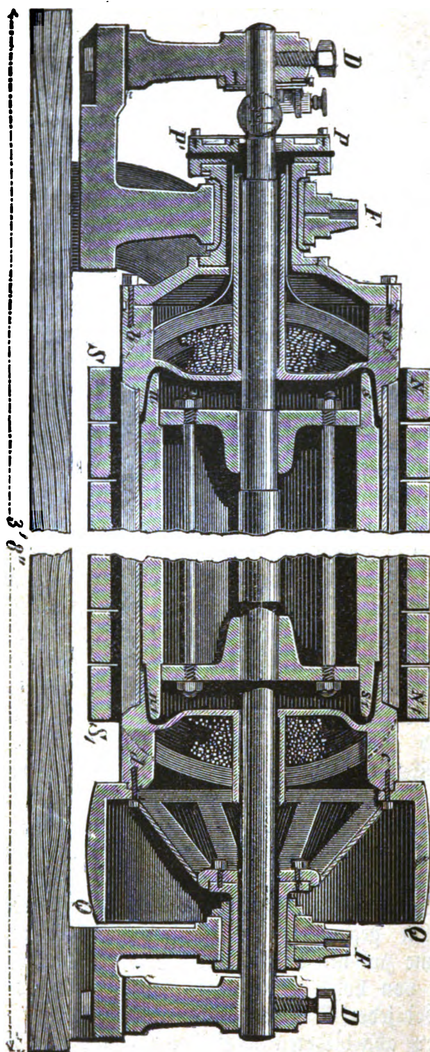


Fig. 28.

elektrischen Lichtes dient, wird der Inductionsstrom nach dem dynamo-elektrischen Principe zur Erhaltung und Verstärkung des in der Maschine nöthigen Magnetismus benutzt und es sind deshalb die äußeren Elektromagnete mit in den Stromkreis eingeschaltet, welcher die elektrische Lampe enthält.

Zum Betriebe dient eine kleine Dampfmaschine von etwa 6 Pferdestärken, deren Kraft mittels der Riemscheibe Q auf die Trommel und die Inductionsspule übertragen wird. Bei 450 Umläufen der Trommel in der Minute erzeugt die Maschine ein Licht von etwa 14,000 Normalkerzen; ihr Strom vermag einen Kupferdraht von 12 Meter Länge und 1 Millim. Dicke in Rothgluth zu versetzen.

Die Hefner-Alteneck'sche Maschine wird auch mit permanenten statt der Elektro-Magnete gebaut, und ebenso mit rotirendem, statt mit feststehendem Kern. In letzterem Falle sind die Drahtwindungen natürlich nicht erst auf einen besonderen Blechmantel aufgewickelt, sondern unmittelbar auf den massiven Eisencylinder oder auf einen aus Eisendrähten hergestellten Cylinder.

Vor der Pacinotti'schen hat die Hefner-Alteneck'sche Maschine u. a. den Vorzug, daß der das Innere des Pacinottischen ringförmigen Kernes ausfüllende unwirksame Theil der Windungen in Wegfall gebracht ist. In einem im Nuovo Cimento (September-Octoberheft 1874) abgedruckten Artikel weist auch Pacinotti darauf hin, daß man zweckmäßig die innere Höhlung des Ringes möglichst klein mache oder noch besser den Ring durch einen massiven Kern ersetze; auch machte er auf die Verwendbarkeit des dynamo-elektrischen Principes für seine Maschine aufmerksam. Nur an das Feststellen des Kernes hat er nicht gedacht.

Elektrisches Photometer von Werner Siemens.

Schnell gekühltes amorphes Selen ist ein Isolator für Elektricität; erhitzt man dasselbe aber auf 80 bis 100°, so wird es unter Wärmeentwickelung krystallinisch und ist nun ein Leiter der Elektricität. Dieses krystallinische Selen hat nun, wie Lieut. Sale entdeckt hat (Jahrg. X dieses Jahrb., S 186), die merkwürdige Eigenschaft, daß es beleuchtet besser

leitet als im Dunkeln und die Leitungsfähigkeit mit der Stärke der Beleuchtung zunimmt.

Darauf hat nun W. Siemens die Einrichtung eines Photometers zu gründen versucht.*) Zunächst gelang es ihm, durch lange Erhitzung des amorphen Selens bis nahe an seinen Schmelzpunkt oder durch Auskrystallisiren aus der langsam abgekühlten geschmolzenen Masse eine Modification des krystallisirten Selens herzustellen, welche weit besser leitet, weit mehr vom Lichte beeinflußt und von Wärmestrahlen nicht wesentlich afficirt wird, auch seine Eigenschaften ziemlich constant beibehält. „Besonders auffällig unterscheidet sich dieselbe von der bekannten Modification dadurch, daß bei ihr die Leitungsfähigkeit mit der Erwärmung des Selens, wie bei den Metallen abnimmt, während sie bei der letzteren zunimmt, wie bei den leitenden Metalloiden und Elektrolyten.“ Siemens hat nun „durch Ausfüllung der Zwischenräume zweier kleinen flachen Drahtspiralen mit solchem grobkrystallinischen Selen zwischen zwei Glimmerblättern“ einen photometrischen Apparat hergestellt, „der unter Anwendung einer Daniell'schen Zelle oder eines kleinen thermo-elektrischen Motors hinlänglich starke Ströme giebt, um auch noch sehr schwache Lichtstärken durch Messung derselben mit hinlänglicher Schärfe vergleichen zu können“. Das beschriebene Selenpräparat befindet sich am Boden eines kurzen drehbaren Rohres. „Die Enden der beiden Spiraldrähte stehen mit einander durch eine Daniell'sche Zelle und den Umwindungsdraht eines Galvanometers in leitender Verbindung. Die Nadel wird also abgelenkt. Entfernt man den Deckel des Rohres und läßt das Licht einer Gasflamme, deren Stärke gemessen werden soll, auf die Selenscheibe treffen, so nimmt die Leitungsfähigkeit des Selens, entsprechend der Stärke des sie treffenden Lichtes, zu, die Ablenkung der Nadel des Galvanometers wird also größer. Dreht man nun das Rohr so, daß es, anstatt auf die zu messende Flamme, auf eine Normalkerze gerichtet ist, und regulirt die Entfernung dieser Normalkerze so, daß die Ablenkung der Nadel dieselbe wird, und dieselbe bleibt, wenn das Selen abwechselnd durch

*) Verhandl. des Vereins für Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. Sitzungsbericht vom 7. Juni 1875. Dingler's Polytechn. Journal Bd. 217, S. 61.

die zu messende Flamme und die Normalkerze beleuchtet wird, so ist die Lichtwirkung beider gleich, und die Lichtstärken stehen mithin im Verhältnisse der Quadrate ihrer Abstände von der Selenplatte."

Blitzröhren.

Im Anschluß an die Mittheilungen auf S. 216 u. f. des vorigen Jahrganges dieses Jahrb. mögen hier einige Angaben über die Herstellung künstlicher Blitzröhren Platz finden. Versuche zur Erzeugung solcher sind vor etwa 50 Jahren von Hachette, Savart und Beudant im Conservatoire des Arts et Metiers in Paris mit der Batterie des Charles'schen Cabinets, der größten in Paris, angestellt worden. Die Aushöhlung eines Ziegelsteines wurde mit Glaspulver gefüllt, durch welches man einen elektrischen Schlag leitete. Man erhielt auf diese Art Röhren, welche den natürlichen Blitzröhren ganz ähnlich waren, nur viel kleiner; der äußere Durchmesser betrug am stärksten Ende 4 1/2, die Länge 30 Millimeter. Versuche mit Quarz mißlangen in Folge der Schwerschmelzbarkeit. Aehnliche Versuche hat seit 1868 Dr. W. Rottmann angestellt.*) Er benutzte dazu Schwefelpulver, welches so leicht schmilzt, daß eine einzige Leidener Flasche zur Herstellung einer Blitzröhre in kleinem Maßstabe genügt. „Man füllt Schwefelblumen in ein cylindrisches Glas, dessen Boden und verschiebbarer innerer Glasdeckel ein centrales Loch haben, welches mit einem Metallstifte ausgefüllt ist. Nun ist es leicht, den Entladungsschlag einer Flasche oder Batterie durch das Schwefelpulver zu leiten. Entfernt man dann den Deckel und stülpt das Glas auf einem Papierblatte um, so sinkt die Schwefelmasse meist unverletzt herab und die allerdings sehr zerbrechliche Röhre kann herausgenommen werden." Rottmann hat auf diese Weise Röhren von 80 Millimtr. (längere erlaubte das Glas nicht) hergestellt, welche etwa 2 Millimtr. inneren Durchmesser hatten. Bisweilen verästeln sich diese Röhren, gewöhnlich aber sind sie einfach. Ersteres tritt häufig dann ein, wenn man einen der beiden Stifte durch eine Platte ersetzt, was dem Verhält-

*) Ausland 1876, Nr. 19, S. 365.

nisse in der Natur entspricht, wo die tiefern, feuchtern Erdschichten besser leitend sind.

Eine merkwürdige Modification dieser künstlichen Fulguriten wird erhalten, wenn man einen feuchten Leiter einschaltet. Der elektrische Funke bezeichnet dann seinen Weg im Schwefel nicht mehr durch eine hohle Röhre, sondern durch einen massiven Faden von geschmolzenem Schwefel, der bei einer Batterie von 4 großen Flaschen nur 0,5 Millimtr. Dicke hat. Es erinnern diese geschmolzenen Fäden an die in den sandigen Ebenen von Bahia gefundenen Fulguriten, über welche Dr. Schwägrichen 1819 berichtete, unregelmäßig und tief gefurchte kantige Stücke mit starker Verglasung.

Es sei hier noch eines merkwürdigen Blitzschlages am 26. Juni 1867 in Forchheim gedacht, den Dr. Theod. Hoh in Bamberg beschrieben hat.*) Der Blitz schlug in einen Hausgiebel, lief eine Strecke weit längs der Wand eines Zimmers hin, dabei einen Spiegel zertrümmernd, sprang dann auf den Fußboden über, durchbrach die Vordermauer des Hauses, tödtete, beim Fenster des unteren Stockwerkes angeblich wieder hineinfahrend, zwei Kinder nebst drei jungen Hunden, betäubte und lähmte in demselben Raume noch einen Mann und seine Frau und erschlug noch den in der benachbarten Hütte ruhenden Hund. Merkwürdiger Weise war auf einer etwa 60 Centimeter langen Strecke des mit Sand bestreuten Fußbodens des oberen Stockes die Blitzbahn durch ein röhrenförmiges Concrement bezeichnet, das in schwachen Windungen gegen das rundliche, etwas ausgezackte Loch hinlief, durch das der elektrische Funke das Haus verließ. Leider gelang es nur ein 3 Centimeter langes Bruchstück dieser Röhre zu retten, welches sich im physikalischen Cabinet des Lyceums in Bamberg befindet. Dasselbe hat abgeplattete Cylinderform und ist im Innern, dessen Lumen von 4 bis 10 Millimeter wechselt, völlig glatt und verglast, während es an der Außenfläche der ungefähr pauspapierdicken Kruste durch festhaftende Körner rauh erschien.

*) Poggend. Ann. Bd. 131.

III.

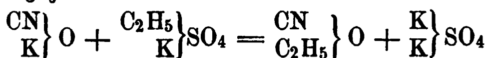
Chemie und chemische Technologie.

Einige allgemeine theoretische Betrachtungen.

„Die höchste Aufgabe der Chemie ist die Erforschung der rationellen Zusammensetzung.“ Mit diesen Worten hat Berzelius vor circa 30 Jahren den Vertretern der Wissenschaft das von ihnen zu verfolgende Ziel vorgezeichnet, und eingedenk der Worte des Meisters und durchdrungen von der Wahrheit derselben, hat man sich in den letzten Decennien auf das Eifrigste bemüht, sich dem vorgesteckten Ziele zu nähern. Aber freilich die Aufgabe ist in sehr verschiedener Weise aufgefaßt und angefaßt worden. Was versteht man unter rationeller Zusammensetzung? und — wenn man die Zusammensetzung der Verbindungen durch Formeln auszudrücken sucht — was versteht man unter rationellen Formeln? Die Meinungsverschiedenheit, welche sich in der Beantwortung dieser Fragen kund gab, hat auf dem Gebiete der chemischen Literatur zu einer der schärfsten Waffen sich bedienenden Polemik geführt. Die Männer, deren Beobachtungsgabe und Scharfsinn, deren unermüdlichem Eifer die Chemie die Höhe ihres heutigen Standpunktes verdankt, stehen sich in feindlichen Lagern gegenüber.

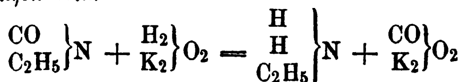
Wenden wir unsern Blick zurück in jene Zeit, in welcher die sogenannte Typentheorie (dieses Jahrbuch Bd. II, S. 208 u. Bd. III, S. 257) zur Ausbildung gelangte, so finden wir

zwar, daß Gerhardt, der Begründer derselben, von der Constitution der chemischen Verbindungen als der wirklichen Gruppirung der Atome spricht, („la constitution moléculaire des corps, c'est-à-dire le véritable arrangement de leurs atomes" — Traité de chimie organique t. IV p. 561) aber er protestirt auf das Entschiedenste dagegen, daß man die Constitution der Verbindungen durch die chemischen Formeln ausdrücken könne. Gerhardt hielt es für unmöglich, in die Structurverhältnisse der chemischen Verbindungen einen Einblick zu gewinnen; die chemischen Formeln der Verbindungen sollten daher nach seiner Ansicht nur die Beziehungen derselben zu einander und gewisse Analogien unter denselben ausdrücken; sie sollten dazu dienen, die Wechselzersetzungen zu veranschaulichen, welche bei der Einwirkung verschiedener Verbindungen aufeinander statthaben. Da ein und derselbe Körper unter verschiedenen Umständen verschiedene Zersetzungen erfahren kann, so trug Gerhardt kein Bedenken, ihm verschiedene rationelle Formeln zu zuschreiben, je nachdem es galt die eine oder die andere Reaction desselben auszudrücken. Diejenige Formel bezeichnete er als die rationellste, welche die meisten Reactionen oder Umwandlungen, denen der entsprechende Körper unterliegen kann, am anschaulichsten darzustellen gestattet. So würde es nach Gerhardt rationell sein, die Formel des bei der Destillation eines Gemenges von cyansaurem und äthylschwefelsaurem Kalium gebildeten Körpers zu schreiben $\left.\begin{matrix}CN\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$, wenn es gilt seine Entstehung zu erklären



$$\left.\begin{matrix}CN\\K\end{matrix}\right\}O+\left.\begin{matrix}C_2H_5\\K\end{matrix}\right\}SO_4=\left.\begin{matrix}CN\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O+\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}SO_4$$

dagegen würde man demselben Körper die rationelle Formel $\left.\begin{matrix}CO\\C_2H_5\end{matrix}\right\}N$ beizulegen haben, wenn man die Entstehung von Aethylamin bei Einwirkung von Kalihydrat auf demselben veranschaulichen will.



$$\left.\begin{matrix}CO\\C_2H_5\end{matrix}\right\}N+\left.\begin{matrix}H_2\\K_2\end{matrix}\right\}O_2=\left.\begin{matrix}H\\H\\C_2H_5\end{matrix}\right\}N+\left.\begin{matrix}CO\\K_2\end{matrix}\right\}O_2$$

Man weiß jetzt, daß der eigentliche cyansaure Aethyläther (durch

Einwirkung von Chlorcyan auf Natriumäthylat zu erhalten), dem die Formel $\left.\begin{matrix}CN\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$ zukommt, bei der Destillation mit Kalilauge nicht Aethylamin, sondern nur Aethylalkohol, Ammoniak und Kohlensäure liefert. Das Fehlerhafte der Anschauung liegt also für uns jetzt auf der Hand.

Kolbe trat zu jener Zeit, in welcher sich die große Mehrzahl der Chemiker zur Typentheorie bekannte, den Gerhardt'schen Anschauungen mit größter Entschiedenheit entgegen. Kolbe sagt in seinem Lehrbuch der organischen Chemie 1854 Bd. I. S. 13: „Wir werden allerdings durch unsere Forschungen über die chemische Constitution der Körper niemals eine klare Anschauung von der Art und Weise gewinnen, wie die einzelnen Atome gegeneinander gelagert sind, aber welche Funktionen einzelne Atome oder Atomgruppen anderen gegenüber in den organischen Verbindungen haben, bleibt dem geistigen Auge nicht verhüllt.“ Kolbe erblickt daher die nächste und wichtigste Aufgabe der organischen Chemie in der Erforschung der die organischen Verbindungen zusammensetzenden, näheren Bestandtheile. Die letzteren (Atomcomplexe, Radicale) erscheinen ihm als die eigentlichen Angriffspunkte der chemischen Verwandtschaftskräfte, sie spielen in den organischen Verbindungen dieselbe Rolle wie die einfachen Elemente in den anorganischen. Als die rationelle Formel einer Verbindung würde daher nach Kolbe's Auffassung diejenige anzusehen sein, welche die im Molekül derselben enthaltenen näheren Bestandtheile richtig angiebt. In diesem Sinne kann natürlich einer chemischen Verbindung nur eine rationelle Formel zukommen. Ohne Zweifel schließt sich diese Auffassung von rationeller Zusammensetzung und rationellen Formeln der Berzelius'schen auf das Engste an.

In neuerer Zeit haben nun aber doch viele Chemiker versucht, sich von der Aneinanderlagerung der das Molekül einer chemischen Verbindung bildenden, elementaren Atome ein Bild zu entwerfen. Man glaubt, sich in dem Molekül einer chemischen Verbindung die elementaren Atome in einer bestimmten Reihenfolge aneinander gebunden vorstellen zu müssen. Die Art und Weise der gegenseitigen chemischen Bindung der elementaren Atome, die man in einem Molekül voraussetzen zu dürfen glaubt, bezeichnet man als „chemische Struktur der Mo-

küle." Man glaubt durch die chemischen Formeln die Struktur oder die Art und Weise, in welcher die elementaren Atome unter sich zum Molekül verbunden sind, ausdrücken zu sollen und z. B. Butlerow bezeichnet in seinem Lehrbuch der organischen Chemie als „rationelle Formeln" nur solche, welche die chemische Struktur der Moleküle ausdrücken. Manche glauben wohl geradezu zufolge des Bildes, das sie sich bezüglich der Lagerung der Atome entworfen haben, aus einzelnen Beobachtungen Schlüsse über das räumliche Arrangement der Atome ableiten zu dürfen. So ist von van t'Hoff kürzlich unter dem Titel „la chimie dans l'espace" eine Broschüre erschienen (Rotterdam 1875) welche sich mit Speculationen über die Lagerung der Atome im Raume in eingehender Weise beschäftigt. Andere Chemiker glauben, indem sie von Struktur der Moleküle und chemischer Bindung der Atome sprechen, von der Anordnung derselben im Raume abstrahiren und nur die chemische Wechselwirkung der Atome im Auge behalten zu können. Wieder Andere scheinen sich über den in diesen beiden Anschauungen vorliegenden Unterschied nicht genügend klar geworden zu sein. Die Anschauungsweise der sogenannten Strukturlehre gestattet nicht selten, von einem chemischen Vorgange, dessen Erklärung bisher Schwierigkeiten verursachte, rasch und leicht ein anschauliches Bild zu entwerfen. Die neue Lehre stellt uns die Möglichkeit in Aussicht, die Anzahl der existenzfähigen Isomerien einer chemischen Verbindung im Voraus zu berechnen, eine große Zahl unbekannter Verbindungen zu prognosticiren, auch die Existenzfähigkeit gewisser Verbindungen a priori zu negiren; sie befriedigt bis zu einem gewissen Grade unser Bedürfniß, den Causilitätszusammenhang mannigfaltiger Erscheinungen zu ergründen, indem sie eine Summe bisher zusammenhanglos erscheinender Thatsachen als nothwendige Consequenz „einer Vorstellung" hinstellt, die man bezüglich einiger Eigenschaften der Atome gewonnen hat. In Folge dessen hat die Lehre von der Struktur der Moleküle in kurzer Zeit eine große Anzahl von Anhängern gefunden. Ob freilich die der neuen Lehre zu Grunde liegende Vorstellung eine richtige, eine dem Wesen der Dinge entsprechende ist, ist zweifelhaft. Wer daher der neuen Lehre ein blindes Vertrauen schenken wollte, würde möglicher Weise allen den

Gefahren ausgesetzt sein, denen uns falsche Vorstellungen entgegen führen.

Kolbe, an seiner Auffassung von rationeller Zusammensetzung festhaltend, ist als entschiedenster Gegner der neuen Lehre aufgetreten. Wir werden auf die Kolbe'schen Einwendungen am Schlusse dieser Betrachtungen zurückkommen und auch schon im Laufe derselben Gelegenheit finden auf verschiedene Unzulänglichkeiten der Strukturlehre hinzuweisen. Wenn wir trotz solcher Unzulänglichkeiten uns veranlaßt sehen, auf die der neuen Lehre zu Grunde liegenden Anschauungen hier näher einzugehen, so geschieht dies einestheils in Rücksicht auf den durch die neue Theorie hervorgerufenen, äußerst animirten Meinungsaustausch unserer bedeutendsten Chemiker, welchem die Leser dieses Jahrbuchs ein lebhaftes Interesse schenken dürften. Anderntheils muß zugegeben werden, daß neue Auffassungen, selbst wenn sie sich in der Folge als irrig erwiesen, doch vielfach fördernd auf die Entwicklung der Wissenschaft eingewirkt haben, indem das Streben, die Richtigkeit derselben zu begründen oder zu widerlegen zu sehr sorgfältigen und oft höchst erfolgreichen Untersuchungen Veranlassung gab. In der That ist nicht zu verkennen daß von dem Streben nach weiterem Ausbau der Strukturlehre sehr lebhafte Impulse zur Ausführung neuer, unsere Kenntnisse in mannigfaltigster Weise bereichernder Versuche ausgegangen sind. Auch dies wird in Folgendem durch mehrfache Beispiele seine Begründung finden.

Constitution einiger Kohlenwasserstoffe im Sinne der Strukturlehre.

Die Lehre von der chemischen Struktur der Moleküle ist dem Begriffe von der Valenz der elementaren Atome entsprungen. Die Thatsachen, daß sich 1 Kohlenstoffatom mit 4 Wasserstoffatomen zu Sumpfgas, daß sich 1 Stickstoffatom mit 3 Wasserstoffatomen zu Ammoniak, daß sich 1 Sauerstoffatom mit 2 Wasserstoffatomen zu Wasser, daß sich 1 Chloratom mit 1 Wasserstoffatom zu Salzsäure verbindet, haben die Chemiker veranlaßt, den Kohlenstoff als ein vierwerthiges oder quadrivalentes, den Stickstoff als ein dreiwerthiges oder trivalentes, den Sauerstoff als ein zweiwerthiges oder bivalentes, den Was-

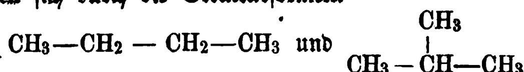
serstoff und ebenso das Chlor als ein univalentes Element zu bezeichnen. Man schreibt dem Kohlenstoffatom 4, dem Stickstoffatom 3, dem Sauerstoffatom 2 Affinitätseinheiten, dem Wasserstoffatom und dem Chlor eine Affinitätseinheit zu. Wenn sich ein Kohlenstoffatom mit 4 einwerthigen Wasserstoffatomen oder auch mit 2 zweiwerthigen Sauerstoffatomen verbunden hat, so ist seine Affinität gesättigt; an die entstandenen Verbindungen $C\begin{cases}-H\\-H\\-H\\-H\end{cases}$ (Sumpfgas=Methan) oder $C\begin{cases}=O\\=O\end{cases}$ (Kohlensäure), die man selbst als gesättigt bezeichnet, kann sich ein ferneres Atom irgend eines Elementes nicht mehr anlagern.

Wir kennen aber auch Verbindungen, welche 2 Kohlenstoffatome im Molekül enthalten, z. B. den Aethylwasserstoff oder das Aethan = C_2H_6. Verbindungen, welche mit der Atomgruppe C_2 mehr als 6 Atome eines univalenten Elementes verbunden enthält, kennen wir nicht. Warum existirt der Kohlenwasserstoff C_2H_8 nicht? Die Antwort ergiebt sich aus Folgendem: Wenn sich zwei vierwerthige Kohlenstoffatome miteinander verbinden sollen, so kann dies nur geschehen, indem wenigstens eine Affinitätseinheit des einen Atoms mit einer Affinitätseinheit des andern Atoms in chemische Bindung tritt. Von den 8 Affinitätseinheiten zweier sich verbindender Kohlenstoffatome werden also mindestens zwei in Folge der gegenseitigen Bindung gesättigt, es bleiben daher von demselben nur 6 übrig, welche eine Anziehung auf andere Atome ausüben können, an die Gruppe C_2 können sich daher nur 6 Wasserstoffatome anlagern. Die Vereinigung zweier Atome setzt eine Bindung, die Vereinigung dreier Atome setzt zwei Bindungen, die Vereinigung von n Atomen setzt wenigstens $n-1$ Bindungen voraus. Jede Bindung veranlaßt die Sättigung von 2 Affinitätseinheiten. n Kohlenstoffatome repräsentiren $4n$ Affinitätseinheiten, da aber bei der Vereinigung von n Kohlenstoffatomen in Folge der zur Vereinigung erforderlichen $n-1$ Bindungen wenigstens $2(n-1)$ Affinitätseinheiten gesättigt werden, so kann die Atomgruppe C_n höchstens noch mit $4n-2(n-1) = 2n+2$ freien Affinitätseinheiten auftreten, es können sich also an dieselbe höchstens $2n+2$ Wasserstoffatome oder überhaupt höchstens $2n+2$ univalente Atome anlagern.

Kohlenwasserstoffe, denen die allgemeine Formel $C_2H_{2n} + 2$ zukommt, nennt man gesättigte Kohlenwasserstoffe (Bd. II, S. 262). Sie sind sämmtlich dem allgemeinen, ersten Bindungsgesetze unterworfen, zu Folge dessen zwei im Molekül benachbarte Kohlenstoffatome nur durch je eine Affinitätseinheit miteinander verbunden sind. Ehe wir die Strukturformeln der einzelnen Glieder dieser Reihe von Kohlenwasserstoffen abzuleiten suchen, sei noch bemerkt, daß man die vier Affinitätseinheiten eines Kohlenstoffatoms und somit auch die vier im Sumpfgas enthaltenen Wasserstoffatome bisher als völlig gleichwerthig betrachtet hat; d. h. wenn man ein oder mehrere Wasserstoffatome des Sumpfgases durch Atome anderer Elemente oder durch Atomgruppen ersetzt, so ist es ohne Einfluß auf die Eigenschaften der entstehenden Verbindungen, welche der vier Wasserstoffatome ersetzt werden. Substituirt man z. B. ein Wasserstoffatom im Sumpfgas durch ein Chloratom, so erhält man immer dasselbe Methylchlorür CH_3Cl, gleichviel welches Wasserstoffatom durch Chlor ersetzt wurde. Es giebt sonach nicht verschiedene, isomere Methylchlorüre. In Folge dessen muß es auch gleichgültig erscheinen, durch welche der vier Affinitätseinheiten eines Kohlenstoffatoms die Vereinigung desselben mit einem zweiten Kohlenstoffatome bewirkt wird und es kann daher auch nur ein Aethan geben, dessen Constitution durch die Strukturformel $\begin{array}{c}CH_3\\|\\CH_3\end{array}$ auszudrücken sein würde. Aus derselben Voraussetzung ergiebt sich, daß auch für das dritte Glied der Reihe der gesättigten Kohlenwasserstoffe, das Propan oder den Propylwasserstoff nur eine Art der Bindung möglich ist, nämlich entsprechend der Formel $\begin{array}{c}CH_3\\|\\CH_2\\|\\CH_3\end{array}$. Die letztere Formel kann man auch schreiben $CH_3—CH_2—CH_3$.

Sucht man indessen von dem Propan zu dem Butan oder Butylwasserstoff C_4H_8 dadurch überzugehen, daß man der in ersterem enthaltenen Kohlenstoffkette ein viertes Kohlenstoffatom angereiht und die freien Valenzen durch Wasserstoff gesättigt denkt, oder — was ganz dasselbe ausdrückt — dadurch, daß

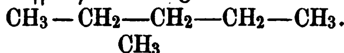
man im Propan ein Wasserstoffatom durch Methyl ersetzt denkt, so sieht man, daß dies in zweierlei Weise geschehen kann. In dem Propan unterscheiden sich nämlich die beiden Schlußglieder (CH_3) der Kette von dem Mittelgliede (CH_2) durch die Zahl der an das Kohlenstoffatom angelagerten Wasserstoffatome und man wird daher verschiedene Butane erhalten, jenachdem das vierte Kohlenstoffatom mit einem der beiden Schlußglieder oder mit dem Mittelgliede in Bindung tritt. Diese beiden Butane werden sich durch die Strukturformeln

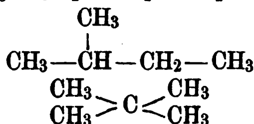


unterscheiden.

Die der ersteren Formel entsprechende Verbindung hat man normales Butan genannt, und man versteht allgemein unter normalen Kohlenwasserstoffen solche, in denen die Kohlenstoffatome zu einer einfachen Kette aneinander gelagert sind, in denen sonach kein Kohlenstoffatom mit mehr als zwei anderen direct verbunden ist. In der der zweiten Formel entsprechenden Verbindung, welche man zum Unterschiede Isobutan oder auch Pseudobutylwasserstoff und Trimethylmethan genannt hat, steht das eine Kohlenstoffatom mit 3 Kohlenstoffatomen und daher nur noch mit einem Wasserstoffatom in directer Verbindung. An das Mittelglied der Hauptkette hat sich eine Seitenkette angelagert.

Durch ganz analoge Betrachtungen kann man sich überzeugen, daß für die Pentane oder Amylwasserstoffe, welche man als methylirte Butane betrachten kann, dreierlei Bindungen möglich sind, entsprechend den Formeln:

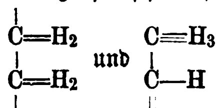




Unsere heutige Kenntniß der gesättigten Kohlenwasserstoffe steht mit den Ergebnissen der vorstehenden Erörterungen vollkommen im Einklange, wir kennen in der That nur ein Sumpfgas oder Methan, nur ein Aethan, nur ein Propan, dagegen zwei isomere Butane und drei isomere Pentane; hier liefert also

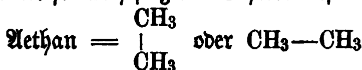
die Strukturlehre eine befriedigende Erklärung für die Zahl der existirenden, isomeren Verbindungen. Von den 5 Hexanen (C_6H_4), die sich durch analoge Betrachtungen als möglich erweisen, sind uns zur Zeit 4 bekannt. Hier ist durch die Strukturlehre die Existenz einer fünften isomeren Verbindung prognosticirt.

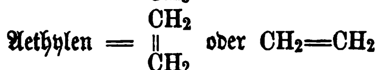
Neben den gesättigten Kohlenwasserstoffen kennen wir jedoch noch die sogenannten ungesättigten, in welchen mit n Kohlenstoffatomen weniger als 2n + 2 Wasserstoffatome verbunden sind; hierher gehören das Aethylen und seine Homologen (Bd. II, S. 250). Bezüglich der Bindung der Kohlenstoffatome in dem Aethylen C_2H_4 herrschen unter den Anhängern der Strukturlehre verschiedene Ansichten. Die Einen nehmen an, daß auch hier die beiden Kohlenstoffatome durch je eine Affinitätseinheit miteinander verbunden seien, daß aber von den 6 Affinitätseinheiten der Gruppe C_2 nur 4 durch angelagerte Kohlenstoffatome gesättigt seien, während sich die übrigen noch frei befinden. Andere nehmen an, daß in dem Aethylen und ebenso in den Homologen desselben ein Kohlenstoffatom mit dem benachbarten nicht durch je eine Affinitätseinheit, sondern durch je zwei Affinätseinheiten verbunden sei, oder, kürzer gesagt, daß sich hier 2 Kohlenstoffatome in doppelter Bindung befinden. Es sollen sonach von den 8 Affinitätseinheiten der beiden Kohlenstoffatome im Molekül des Aethylen 4 durch die gegenseitige, doppelte Bindung der Kohlenstoffatome in Anspruch genommen sein und daher nur noch die 4 übrigen ihre Anziehungskraft auf sich anlagernde andere Atome ausüben können. Nach der ersten Ansicht würden, je nachdem sich die freien Affinitätseinheiten auf die beiden Kohlenstoffatome vertheilen, zwei Kohlenwasserstoffe C_2H_4 als möglich erscheinen, nämlich

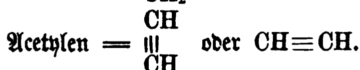


welche man als Aethylen und Aethyliden unterschieden hat. Nach der letzteren Ansicht würde nur eine Verbindung C_2H_4 möglich sein, welcher die Formel $\begin{matrix} C{=}H_2 \\ \| \\ C{=}H_2 \end{matrix}$ entsprechen würde. Da man

in der That nur eine Verbindung C_2H_4, das Aethylen kennt, während das Aethyliden im freien Zustande nicht existenzfähig zu sein scheint, so schließt sich die Mehrzahl der Anhänger der Strukturchemie der letzteren Ansicht an und nimmt überhaupt an, daß freie Affinitätseinheiten in chemischen Verbindungen nicht auftreten können. In dem Acetylen C_2H_2 wird man dann consequenter Weise die beiden Kohlenstoffatome in dreifacher Bindung anzunehmen haben. Die verschiedenen Bindungsweisen, die man im Aethan, Aethylen und Acetylen voraussetzt, werden leicht durch folgende Schreibweise veranschaulicht:


Aethan = CH_3 | CH_3 oder $CH_3—CH_3$


Aethylen = CH_2 ‖ CH_2 oder $CH_2═CH_2$

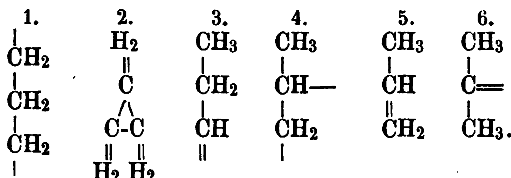

Acetylen = CH ||| CH oder CH≡CH.

Die Annahme, daß allgemein in den sogenannten ungesättigten Verbindungen Kohlenstoffatome mit freien Affinitätseinheiten nicht auftreten, daß vielmehr die Minderzahl der in denselben an den Kohlenstoffkern angelagerten univalenten Atome dadurch bedingt sei, daß Kohlenstoffatome sich in mehrfacher Bindung befinden (durch mehr als je eine Affinitätseinheit vereinigt sind) liefert zugleich eine Erklärung für die Thatsache, daß die ungesättigten Verbindungen immer eine gerade Anzahl von univalenten Atomen weniger enthalten als die entsprechenden, d. h. eine gleiche Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül enthaltenden, gesättigten Verbindungen. Indem nämlich eine einfache Bindung in eine doppelte übergeht, treten jedesmal 2 fernere Affinitätseinheiten der Kohlenstoffatome in gegenseitige Bindung.

Aus derselben Annahme läßt sich ein Grund für die Nichtexistenzfähigkeit des Kohlenwasserstoffs CH_2 ableiten. Bekanntlich haben alle Versuche, diesen Kohlenwasserstoff herzustellen, zu einem negativen Resultate geführt. In dieser Verbindung müßten sich 2 Affinitätseinheiten des Kohlenstoffs in freiem Zustande befinden. Freilich müßte derselbe Grund, welcher hier für die Nichtexistenzfähigkeit der Verbindung CH_2

(Methylen) angeführt werden kann, auch das Kohlenoxyd CO als nicht existenzfähig erscheinen lassen, während dasselbe doch existirt. Eine Erklärung für die Existenz des CO bei gleichzeitiger Nichtexistenz der Verbindung CH_2 hat die Strukturlehre bis jetzt nicht zu geben vermocht.

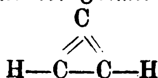
Für das Propylen C_3H_6, das nächste mit dem Aethylen homologe Glied der Reihe C_nH_{2n}, sind unter ausschließlicher Berücksichtigung der Valenz der Atome folgende verschiedene Gruppirungen der Atome denkbar:



Erklärt man das Auftreten von Verbindungen mit freien Affinitätseinheiten für unmöglich, so erweisen sich die den Formeln 1, 3, 4 und 6 entsprechenden Verbindungen als nicht existenzfähig. Es würden also nur zwei isomere Propylene, deren Constitution durch die Formeln 2 und 5 ausgedrückt wäre, denkbar sein. Man kennt aber nur ein Propylen, dem man die unter 5 angedeutete Struktur zuschreibt (hauptsächlich weil es bei der Oxydation gewöhnliche Milchsäure giebt — siehe unten —). Alle Versuche, ein Propylen darzustellen, dem die unter 2 angeführte Formel zukommt, haben ein negatives Resultat ergeben, man hat es daher in neuerer Zeit als nicht existenzfähig bezeichnet. In der That unterscheidet sich die in ihm vorauszusetzende Bindungsart wesentlich von derjenigen, die wir in den bis jetzt betrachteten Verbindungen annahmen, nämlich insofern, als in allen bis jetzt betrachteten Verbindungen die Kohlenstoffatome zu einer offenen Kette aneinander gereiht gedacht wurden, während wir in dem hypothetischen Propylen einen aus drei Kohlenstoffatomen bestehenden, geschlossenen Ring oder Kern vorauszusetzen haben würden. Den allgemeinen Anschauungen der jetzigen Strukturlehre widerspricht eine solche Voraussetzung nicht. Um daher die Nichtexistenzfähigkeit des hypothetischen Propylens zu erklären, sieht

man sich zur Aufstellung eines neuen Satzes veranlaßt, der überhaupt die Möglichkeit der Existenz eines aus drei Kohlenstoffatomen bestehenden geschlossenen Kernes negirt. Dieser Satz ist in neuster Zeit von Victor Meyer*) ausgesprochen worden; und eben weil dieser Satz aus der zur Zeit allerdings noch ziemlich unklaren Vorstellung von der Natur dessen, was wir eine Valenz oder Affinitätseinheit nennen, sich nicht von selbst ergiebt, hält es V. Meyer für wichtig, ihn näher zu begründen, hoffend, daß es vielleicht gelingen werde, von der Natur der Valenz eine bestimmtere, physikalisch zulässige Vorstellung zu gewinnen und zur Aufstellung einer physikalischen Hypothese über die Valenz zu gelangen, wenn man diejenigen Verbindungen ermittelt, deren Existenz nach den gegenwärtigen Vorstellungen möglich erscheint, zu deren Darstellung man aber doch auf keinem Wege gelangen kann, deren Existenzfähigkeit sonach doch auf Grund der Thatsachen bestritten werden muß, deren Existenz also mit den der Valenztheorie wirklich zu Grunde liegenden, noch unbekannten Principien im Widerspruch stehen muß.

Der von V. Meyer aufgestellte Satz von der Nichtexistenzfähigkeit jener Verbindungsform, welche durch drei untereinander ringförmig verbundener Kohlenstoffatome repräsentirt wird, konnte allerdings in doppelter Beziehung auffällig erscheinen; denn einerseits nehmen die Vertreter der Strukturlehre ganz allgemein in dem Benzol einen aus 6 Kohlenstoffatomen bestehenden geschlossenen Ring an — es müßte also in der Natur der Kohlenstoffatome begründet sein, daß sich wohl 6, nicht aber 3 derselben zu einem geschlossenen Ringe zusammenlagern können und würde es wünschenswerth sein näher zu erörtern, ob 4 resp. 5 Kohlenstoffatome einen solchen geschlossenen Ring zu bilden vermögen — andrerseits würde jener Satz zugleich die Nichtexistenzfähigkeit eines Kohlenwasserstoffs C_3H_2 ausdrücken, für den im Sinne der Strukturlehre keine andere Bindung als entsprechend der Formel



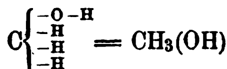
*) Liebig's Annalen d. Chemie, 1876, Bd. 180, S. 192.

gedacht werden kann, und den Pinner*) dargestellt zu haben glaubt und beschrieben hat. V. Meyer sucht nun aus den Mittheilungen Pinner's, insbesondere aus dessen Analysen nachzuweisen, daß die von letzterem untersuchte Verbindung nicht ein Kohlenwasserstoff von der Formel C_3H_2 sein konnte, sondern ein Allylen C_3H_4 sein mußte. In der That spricht neuerdings auch Pinner**) selbst die Vermuthung aus, daß seinem Kohlenwasserstoffe vielleicht nicht die Formel C_3H_2 sondern die Formel C_3H_4 zukomme. Es giebt noch mehrere Verbindungen, in welchen man den geschlossenen Ring C_3 anzunehmen geneigt sein möchte. V. Meyer hält eine genauere Untersuchung aller dieser Verbindungen für höchst wünschenswerth und ist überzeugt, daß sich die Voraussetzung des Ringes C_3 in denselben durchgängig als unzulässig herausstellen wird.

Strukturformeln einiger Alkohole.

Lagert sich ein Sauerstoffatom an ein Kohlenstoffatom an, so kann dies in zweierlei Weise geschehen. Es können nämlich die beiden Affinitätseinheiten des Sauerstoffatoms mit zwei Affinitätseinheiten des Kohlenstoffatoms in Bindung treten, sodaß ein Atomcomplex $=C=O$ entsteht, in welchem noch zwei Affinitätseinheiten des Kohlenstoffatoms frei sind, an welchen sich daher noch zwei einwerthige Atome z. B. zwei Chloratome anlagern können. So entsteht das Carbonylchlorür (Phosgengas) $COCl_2$ oder $Cl_2=C=O$.

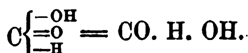
Die Bindung des Kohlenstoff- und Sauerstoffatoms kann aber auch so erfolgen, daß nur eine Affinitätseinheit des Sauerstoffs mit einer des Kohlenstoffs in Bindung tritt, so daß eine Atomgruppe $\equiv C-O-$ entsteht, in welcher das Kohlenstoffatom mit noch drei, das Sauerstoffatom mit noch einer freien Affinitätseinheit auftritt, so daß sich an dieselbe noch vier Wasserstoffatome (oder überhaupt vier univalente Atome) anlagern können. So entsteht z. B. der Methylalkohol dessen Strukturformel sein würde:



$$C\begin{cases}-O-H\\-H\\-H\\-H\end{cases} = CH_3(OH)$$

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 898.
**) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 1282.

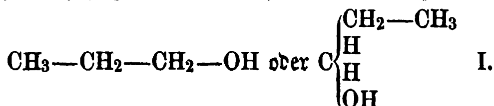
Offenbar drückt diese Auffassungsweise schließlich ganz dasselbe aus, wie diejenige, welche den Methylalkohol als ein Sumpfgas definirt, in welchem ein Wasserstoffatom durch die Atomgruppe OH (Hydroxyl, Wasserrest) ersetzt ist, nur fußt erstere zugleich auf dem Begriffe der Valenz und dem der chemischen Bindung und drückt direct aus, daß das Sauerstoffatom des Wasserrestes durch eine Affinitätseinheit mit dem Kohlenstoffatom, durch die andre Affinitätseinheit mit dem Wasserstoffatom des Wasserrestes verkettet ist. — Aus der Gleichwerthigkeit der vier Wasserstoffatome des Sumpfgases ergiebt sich, daß es auch hier gleichgültig ist, welches der Wasserstoffatome durch das sich anlagernde Hydroxyl verdrängt wird und daß es daher nur einen Methylalkohol giebt. Durch Oxydation wird derselbe in Ameisensäure, das Anfangsglied der Reihe der Fettsäuren, übergeführt, wobei ein Sauerstoffatom an die Stelle von zwei Wasserstoffatomen tritt. Die Formel der Ameisensäure gestaltet sich sonach



$$C\begin{cases}-OH\\=O\\-H\end{cases} = CO.\ H.\ OH.$$

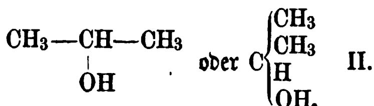
So wie das Sumpfgas kann jeder Kohlenwasserstoff in einen Alkohol übergeführt werden dadurch, daß man in ihm ein oder mehrere Wasserstoffatome durch einen oder durch mehrere Wasserreste ersetzt. Findet die Substitution nur eines Wasserstoffatoms durch einen Wasserrest statt, so nennt man den entstehenden Alkohol einen einwerthigen. Da es wie oben erörtert wurde nur ein Aethan $CH_3—CH_3$ giebt, und es durchaus denselben Effect hervorbringen muß, ob man in dem einen oder dem andern der beiden ganz gleichwerthigen Methyle, die das Aethan bilden, ein Wasserstoffatom durch Hydroxyl ersetzt, so giebt es nur einen Aethylalkohol, und kommt demselben die Strukturformel $CH_3—CH_2—OH$ oder $C\begin{cases}CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ zu. Denkt man sich aber das Propan $CH_3—CH_2—CH_3$ durch Einführung eines Wasserrestes in Propylalkohol übergeführt, so erkennt man, daß dies in doppelter Weise möglich ist, da sich hier die Schlußglieder der Kette von dem Mittelgliede durch die Zahl der angelagerten Wasserstoffatome unterscheiden und man gelangt zu

der Ueberzeugung, daß zwei Propylalkohole existiren müssen, die sich durch folgende Strukturformeln unterscheiden:



$$CH_3—CH_2—CH_2—OH \text{ oder } C\begin{cases}CH_2—CH_3\\H\\H\\OH\end{cases} \qquad I.$$

und

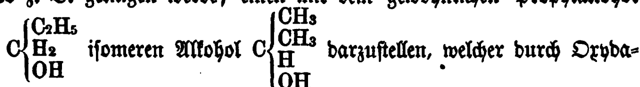


$$CH_3—\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}—CH_3 \quad \text{ oder } C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\H\\OH.\end{cases} \qquad II.$$

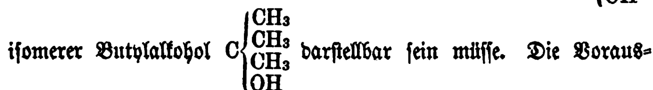
beide Propylalkohole sind bekannt; man bezeichnet den ersten als den normalen oder primären Propylalkohol, den letzteren als Isopropylalkohol oder secundären Propylalkohol.*) Ersterer

---

*) Da in diesem Jahrbuche der Isomerien der Alkohole noch nicht gedacht worden ist, so sei erwähnt, daß Kolbe, gestützt auf theoretische Betrachtungen schon im Jahre 1860 (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 113, S. 307) die Existenz von Alkoholen vorausgesagt hat, deren Verhalten sich von dem der damals bekannten Alkohole wesentlich unterscheiden müsse. Kolbe spricht schon damals die Ueberzeugung aus, daß es z. B. gelingen werde, einen mit dem gewöhnlichen Propylalkohol



$C\begin{cases}C_2H_5\\H_2\\OH\end{cases}$ isomeren Alkohol $C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\H\\OH\end{cases}$ darzustellen, welcher durch Oxydation nicht reinen Aldehyd und reine Fettsäure, sondern Aceton liefern werde, und daß auch ein mit dem gewöhnlichen Butylalkohol $C\begin{cases}C_3H_7\\H_2\\OH\end{cases}$

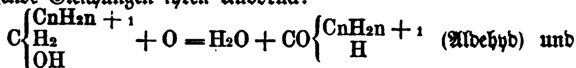


isomerer Butylalkohol $C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\CH_3\\OH\end{cases}$ darstellbar sein müsse. Die Voraussagung Kolbe's hat sich auf das Glänzendste bewährt, indem die von ihm prognosticirten Alkohole nicht nur bald darauf (durch Friedel 1862 u. Butlerow 1865) dargestellt wurden, sondern auch die von ihm im Voraus angekündigten Eigenschaften zeigten. Nach Kolbe kann man jeden einatomigen Alkohol ansehen als einen Methylalkohol (für welchen Kolbe den Namen Carbinol einführt) in welchem eines oder mehrere der dem Methyl angehörenden Wasserstoffatome durch ein alkoholbildendes Radikal von der Formel $C_nH_{2n} + 1$ ersetzt sind. Die Alkohole welche entstehen, jenachdem man 1, 2 oder 3 Wasserstoffatome durch alkoholbildende Radikale ersetzt, werden als primäre, secundäre und tertiäre unterschieden. So ist der Aethylalkohol welcher als ein methy-

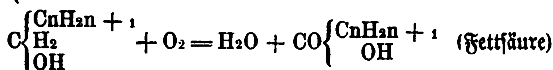
ist der schon längst von Chancel im Fuselöl aufgefundene, welcher bei 97,4° C. siedet und bei der Oxydation Propionsäure liefert; letzterer wurde zuerst von Friedel durch Behandlung von Aceton $CO\begin{cases}CH_3\\CH_3\end{cases}$ mit nascirendem Wasserstoff dargestellt und läßt sich am leichtesten durch Einwirkung von Jodwasserstoffsäure oder besser von Jod und Phosphor auf Glycerin und Ueberführung des gebildeten Jodürs in dem Alkohol erhalten ($C_3H_5(OH)_3 + 5JH = C_3H_7J + 4J + 3H_2O$).

---

lirter Methylalkohol oder als Methylcarbinol $C\begin{cases}CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ zu betrachten ist, ein primärer Alkohol, desgleichen sind alle Alkohole von der Form $C\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\H_2\\OH\end{cases}$, also der Propylalkohol oder Aethylcarbinol $C\begin{cases}C_2H_5\\H_2\\OH\end{cases}$, der Butylalkohol oder Propylcarbinol $C\begin{cases}C_3H_7\\H_2\\OH\end{cases}$ 2c. primäre Alkohole. Alle primären Alkohole sind dadurch charakterisirt, daß sie durch Oxydation in einen Körper von der Form $CO\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\H\end{cases}$ d. i. einen Aldehyd und durch weitere Oxydation in eine Fettsäure $CO\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\OH\end{cases}$ übergeführt werden. Die entstehenden Aldehyde und Fettsäuren enthalten dieselbe Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül, wie die der Oxydation unterworfenen Alkohole. Obige Vorgänge finden durch folgende Gleichungen ihren Ausdruck:

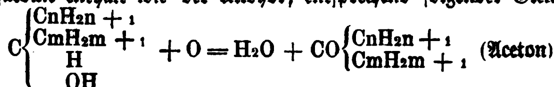


$$C\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\H_2\\OH\end{cases} + O = H_2O + CO\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\H\end{cases} \text{ (Aldehyd) und}$$



$$C\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\H_2\\OH\end{cases} + O_2 = H_2O + CO\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\OH\end{cases} \text{ (Fettsäure)}$$

Die secundären Alkohole denen die allgemeine Formel $C\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\C_mH_{2m+1}\\H\\OH\end{cases}$ zukommt, liefern bei der Oxydation weder eine Fettsäure noch einen Aldehyd sondern einen Aceton, der im Molekül dieselbe Anzahl Kohlenstoffatome enthält wie der Alkohol, entsprechend folgender Gleichung:



$$C\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\C_mH_{2m+1}\\H\\OH\end{cases} + O = H_2O + CO\begin{cases}C_nH_{2n+1}\\C_mH_{2m+1}\end{cases} \text{ (Aceton)}$$

Er siedet bei 85° C. und liefert bei der Oxydation Aceton. In der That kann, nach dem was in der Anmerkung gesagt wurde, die Formel I nur dem bei der Oxydation eine Fettsäure (Propionsäure) liefernden, die Formel II nur dem bei der Oxydation Aceton liefernden Propylalkohol zugeschrieben werden.

Zu den secundären Alkoholen gehört der Isopropylalkohol (Dimethylcarbinol) $C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\H\\OH\end{cases}$ und der secundäre Butylalkohol (Aethyl-Methylcarbinol) $C\begin{cases}C_2H_5\\CH_3\\H\\OH.\end{cases}$

Die secundären Alkohole können offenbar durch Oxydation eine Fettsäure mit gleicher Anzahl von Kohlenstoffatomen nicht liefern, wie die primären, da letztere bei der Ueberführung in Fettsäuren zwei Wasserstoffatome, die neben einem alkoholbildenden Radikale und einem Wasserreste an dem aus dem Carbinol herrührenden Kohlenstoffatom angelagert sind, gegen ein Sauerstoffatom austauschen, während die secundären Alkohole neben zwei alkoholbildenden Radikalen und einem Wasserreste nur noch ein an jenes Kohlenstoffatom angelagertes Wasserstoffatom enthalten. Ein zweiwerthiges Sauerstoffatom kann in einen secundären Alkohol nur eingeführt werden, indem gleichzeitig mit dem aus dem Carbinol stammenden Wasserstoffatom auch der Wasserrest verdrängt wird, und dies führt eben zur Bildung eines Aceton.

Die tertiären Alkohole, deren Zusammensetzung der allgemeinen Formel $C\begin{cases}CnH_{2n}+_1\\CmH_{2m}+_1\\CrH_{2r}+_1\\OH\end{cases}$ entspricht und zu denen z. B. der tertiäre Butylalkohol oder Trimethylcarbinol $C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\CH_3\\OH\end{cases}$ gehört, zerfallen bei der Oxydation ohne vorhergehende Bildung von Aldehyden oder Acetonen und liefern in der Regel Säuren mit weniger Kohlenstoffatomen im Molekül, was leicht begreiflich, da hier die Anlagerung eines Sauerstoffatoms an das aus dem Carbinol stammende Kohlenstoffatom die Verdrängung alkoholbildender, also kohlenstoffhaltiger Radikale zur Folge haben muß.

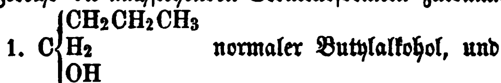
Man kann sonach durch Untersuchung der Oxydationsprodukte eines Alkohols leicht entscheiden, ob derselbe ein primärer, secundärer oder tertiärer ist.

Da es also zwei Propylalkohole giebt, so muß es auch zwei Propyle geben, die zu unterscheiden sind als

normales Propyl — $CH_2CH_3CH_3$

und Isopropyl — $CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$

und da der primäre Butylalkohol aufzufassen ist als ein propylirtes Carbinol (siehe die Anmerkung zu Seite 255—257) so ergiebt sich, daß es zwei primäre Butylalkohole geben muß denen folgerecht die nachstehenden Strukturformeln zukommen müssen:

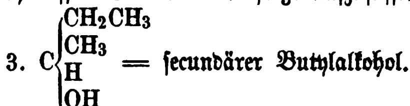


1. $C\begin{cases}CH_2CH_2CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ normaler Butylalkohol, und



2. $C\begin{cases}CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\\H_2\\OH\end{cases}$ isopropylirter Carbinol = Isobutylalkohol.

Da der Butylalkohol im Molekül 4 Kohlenstoffatome enthält, so ist klar, daß ein secundärer Butylalkohol sich als ein Carbinol erweisen muß, in welchem die beiden an Stelle von 2 Wasserstoffatomen eingeführten alkoholbildenden Radikale zusammen 3 Kohlenstoffatome enthalten, woraus sich ohne Weiteres ergiebt, daß es nur einen secundären Butylalkohol geben kann, dessen Struktur wie folgt aufzufassen ist:



3. $C\begin{cases}CH_2CH_3\\CH_3\\H\\OH\end{cases}$ = secundärer Butylalkohol.

Eine ganz analoge Betrachtung führt zu der Ueberzeugung, daß die einzig mögliche Strukturform des tertiären Butylalkohols die nachstehende ist:



4. $C\begin{cases}CH_3\\CH_3\\CH_3\\OH\end{cases}$ = tertiärer Butylalkohol = Trimethylcarbinol.

Sonach läßt die Theorie vier isomere Butylalkohole als möglich erscheinen, und in der That kennen wir auch vier Butylalkohole. Welche der obigen vier Formeln den verschiedenen, auf verschiedenen Wegen dargestellten Butylalkoholen zukommen, läßt sich etwa auf folgende Weise beurtheilen.

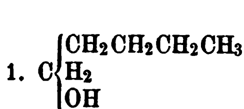
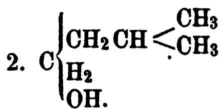
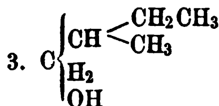
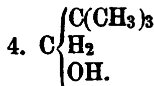
Ohne Zweifel muß die Formel 2 des als secundär bezeichneten Butylalkohols demjenigen Butylalkohol zuertheilt werden, welcher bei der Oxydation den Keton $CO\begin{cases}C_2H_5\\CH_3\end{cases}$ liefert. Diese Eigenschaft zeigt nur der bei 96—98° siedende, auch unter dem Namen Buthylenhydrat beschriebene Butylalkohol, dessen Jodür unter andern durch Destillation von Erythrit mit concentrirter Jodwasserstoffsäure dargestellt werden kann.

Die Formel 3 des als tertiären Alkohol angesprochenen Alkohols kann nur demjenigen Alkohol zukommen, durch dessen Oxydation weder ein Keton noch ein Aldehyd oder eine Fettsäure (mit gleicher Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül) erhalten werden kann. Dies ist der bei gewöhnlicher Temperatur feste, bei 25° schmelzende, bei 84° siedende Butylalkohol, welcher auf verschiedenem Wege, z. B. durch Behandeln des bei der Einwirkung von Zinkmethyl auf Chloracetyl gebildeten, krystallinischem Körpers mit Wasser erhalten werden kann.

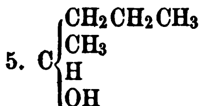
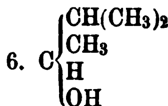
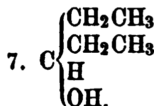
Als normaler Butylalkohol, dem die Formel 1 zukommt, wird derjenige betrachtet, welcher bei 116,9° siedet und bei der Oxydation gewöhnliche Buttersäure (Gährungsbuttersäure) giebt, als isopropylirter Carbinol (Formel 2) dagegen derjenige, dessen Siedepunkt bei 108,4° C. liegt und durch dessen Oxydation man zur Isobuttersäure gelangt. Inwiefern man hierzu berechtigt ist, wird sich bei Besprechung der Strukturformeln der beiden Buttersäuren ergeben, doch gestattet schon der höhere Siedepunkt des ersteren einen Schluß auf die normale Bindung der Atome desselben, da, wie sich schon bei den Propylalkoholen ergab, die normalen Alkohole einen höheren Siedepunkt zu haben pflegen als die nicht normal constituirten und erstere überdies die nahezu constante Siedepunktsdifferenz von 19° C. ergeben.

Soweit befinden sich denn also auch die bekannten Isomerien der Alkohole mit den Postulaten der Theorie vollkommen in Uebereinstimmung.

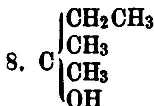
Vergegenwärtigt man sich, daß die primären Amylalkohole als butylirte Carbinole zu betrachten sind, und daß es vier Butylalkohole folglich auch vier Butyle geben muß, so ergiebt sich die Nothwendigkeit der Existenz von vier primären Amylalkoholen denen folgende Formeln zukommen.

Da in den secundären Amylalkoholen $C_5H_{11}OH$ zwei in dem Carbinol eingesetzte alkoholbildende Radikale auftreten müssen, welche zusammen 4 Kohlenstoffatome enthalten, so ergeben sich als mögliche Strukturen der secundären Amylalkohole folgende drei:

und als einzig mögliche Struktur eines tertiären Amylalkohols stellt sich heraus:



Durch völlig analoge Betrachtungen hat man auf die Existenzfähigkeit von 17 isomeren Hexylalkoholen $C_6H_{13}OH$, nämlich 8 primären, 6 secundären und 3 tertiären geschlossen. Flavitzky*) hat, diese Betrachtungen weiter ausdehnend, behufs der Berechnung der Zahl der Isomeren gesättigter einwerthiger Alkohole eine Formel aufgestellt, und mit Hülfe derselben berechnet, daß es z. B. 3057 Alkohole von der Formel $C_{12}H_{25}OH$ geben müsse, nämlich 1238 primäre, 1188 secundäre und 631 tertiäre. Schiff**) bezeichnet derartige Calculationen, wohl nicht mit Unrecht, als eine wissenschaftliche Spielerei, da es sehr fraglich ist, ob alle in solcher Weise errechneten und nach unseren heutigen Anschauungen als möglich erscheinenden Verbin-

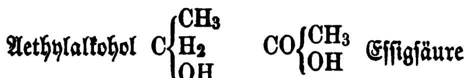
*) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. IX, S. 267.
**) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. VIII, S. 1547.

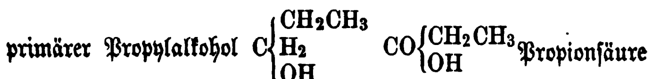
dungen auch wirklich existenzfähig sind. Ueberdies wird aus einigen weiter unten anzuführenden Beispielen hervorgehen, daß die bei der Berechnung der möglichen Isomerien bisher gemachten Voraussetzungen nicht unter allen Umständen als zutreffend anerkannt werden können.

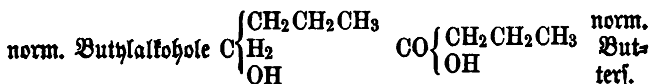
Strukturformeln einiger Fettsäuren.

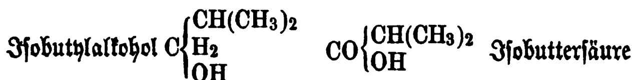
Da man die Fettsäuren erhält, indem man in den primären Alkoholen ein Sauerstoffatom an Stelle derjenigen zwei Wasserstoffatome setzt, welche man als typische bezeichnen kann, wenn man die Alkohole als vom Typus „Methylalkohol oder Carbinol" sich ableitende Verbindungen auffaßt, so ergeben sich die Strukturformeln der Fettsäuren aus denen der entsprechenden primären Alkohole ohne Weiteres wie folgt:

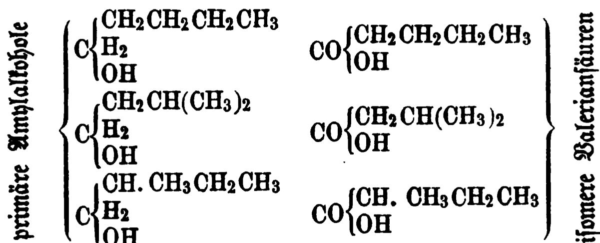

Methylalkohol $C\begin{cases}H_3\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}H\\OH\end{cases}$ Ameisensäure


Aethylalkohol $C\begin{cases}CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH_3\\OH\end{cases}$ Essigsäure


primärer Propylalkohol $C\begin{cases}CH_2CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH_2CH_3\\OH\end{cases}$ Propionsäure


norm. Butylalkohole $C\begin{cases}CH_2CH_2CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH_2CH_2CH_3\\OH\end{cases}$ norm. Buttersä.


Isobutylalkohol $C\begin{cases}CH(CH_3)_2\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH(CH_3)_2\\OH\end{cases}$ Isobuttersäure

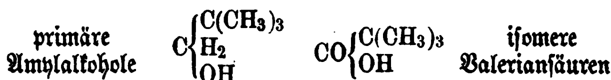

primäre Amylalkohole

$C\begin{cases}CH_2CH_2CH_2CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH_2CH_2CH_2CH_3\\OH\end{cases}$

$C\begin{cases}CH_2CH(CH_3)_2\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH_2CH(CH_3)_2\\OH\end{cases}$

$C\begin{cases}CH.\ CH_3CH_2CH_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}CH.\ CH_3CH_2CH_3\\OH\end{cases}$

isomere Baleriansäuren



primäre Amylalkohole $C\begin{cases}C(CH_3)_3\\H_2\\OH\end{cases}$ $CO\begin{cases}C(CH_3)_3\\OH\end{cases}$ isomere Valeriansäuren

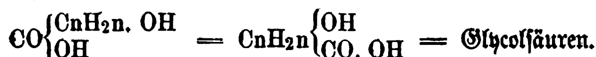
Offenbar ist die Zahl der möglichen Fettsäuren gleich der Zahl der entsprechenden primären Alkohole, und sind daher die ersten drei Glieder der Reihe der Fettsäuren ohne Isomere während sich 2 isomere Buttersäuren und 4 isomere Valeriansäuren als möglich erweisen. Man kennt in der That zwei Buttersäuren; die eine, welche aus Rohrzucker durch Gährung oder aus dem bei 116,9° C. siedendem Butylalkohol durch Oxydation, oder auch aus dem Cyanür des normalen Propylalkohols durch Erhitzen mit Kalilauge erhalten werden kann, wird als normale bezeichnet; die andere, welche sich im Johannisbrot fertig gebildet vorfindet, übrigens durch Oxydation des bei 108,4° C. siedenden Butylalkohols sowie auch aus dem Cyanür des Isopropylalkohols durch Behandeln mit Kalilauge zu gewinnen ist, wird als Isobuttersäure unterschieden. Die Annahme daß in der ersteren das normale Propyl $CH_2CH_2CH_3$ in letzterer dagegen das Isopropyl $CH(CH_3)_2$ enthalten sei, findet offenbar seine Begründung in der Thatsache, daß die erstere auf demselben Wege aus dem normalen Propylalkohol, wie die letztere aus dem Isopropylalkohol gewonnen werden kann. Nachdem man so über die Struktur der beiden Buttersäuren ein Urtheil gewonnen hat, kann man hieraus weiter auf die Struktur der beiden primären Butylalkohole schließen, indem man die normale Bindung der Atome in demjenigen Butylalkohol voraussetzen darf, welcher bei seiner Oxydation die normale Buttersäure liefert. Hierdurch finden die oben auf Seite 259 für die beiden primären Butylalkohole aufgestellten Strukturformeln ihre fernere Begründung.

Von den vier Valeriansäuren, welche der Theorie nach als möglich erscheinen, sind gegenwärtig drei mit Sicherheit bekannt.

Ein sehr interessantes Kapitel bilden die namentlich von Kekulé entwickelten Ansichten über die Constitution des Benzols und seiner Derivate. Vielleicht bietet sich Veranlassung auf dieselben in einem späteren Bande dieses Jahrbuchs näher einzugehen, doch dürften die vorstehenden Betrachtungen genügen um ein Bild von der Art und Weise zu entwerfen, in

welcher man ein Urtheil über die Bindung der Atome oder die Struktur der Moleküle der verschiedenen Verbindungen zu gewinnen gesucht hat. Wir wollen uns daher hier begnügen nur noch die Strukturformeln einiger Verbindungen zu entwickeln mit Hülfe deren sich zeigen läßt, daß die im Vorstehenden dargelegten Anschauungen doch nicht genügen um alle Erscheinungen, zu deren Erklärung sie den Schlüssel liefern sollten, wirklich in befriedigender Weise zu erklären und wollen anzudeuten suchen, wie man durch weiteren Ausbau der Strukturlehre auch zur Erklärung solcher Erscheinungen zu gelangen sucht, die bisher mit der Theorie in Wiederspruch zu stehen schienen.

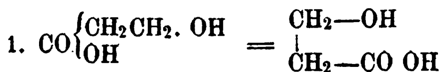
Aus dem was über die Fettsäuren $CO\begin{cases}C_nH_{2n}+1\\OH\end{cases}$ gesagt wurde, geht hervor, daß man in denselben neben der Atomgruppe CO, OH ein einwerthiges alkoholbildendes Radikal $C_nH_{2n}+1$ anzunehmen hat. Ersetzt man in letzterem 1 Wasserstoffatom durch einen Wasserrest, so gelangt man zur Reihe der Oxyfettsäuren oder Glycolsäuren, deren allgemeine Formel sich wie folgt gestaltet:



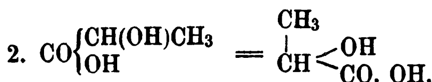
$$CO\begin{cases}C_nH_{2n}.\,OH\\OH\end{cases} = C_nH_{2n}\begin{cases}OH\\CO.\,OH\end{cases} = \text{Glycolsäuren.}$$

Die Gleichwerthigkeit der 3 Wasserstoffatome des Methyls vorausgesetzt kann aus der Essigsäure $CO\begin{cases}CH_3\\OH\end{cases}$ offenbar nur eine Oxyessigsäure $CO\begin{cases}CH_2OH\\OH\end{cases} = CH_2\begin{cases}OH\\CO\,OH\end{cases}$ resultiren.

Da indessen die Propionsäure $CO\begin{cases}CH_2CH_3\\OH\end{cases}$ das Radikal Aethyl CH_2CH_3 und letzteres zwei verschiedene Glieder CH_2 und CH_3 enthält, so wird die Einführung des Wasserrestes in das Aethyl in zweierlei Weise möglich sein und wäre demnach durch die Theorie die Existenz von 2 Oxypropionsäuren angezeigt, denen folgende verschiedene Strukturformeln zukommen würden



$$1.\ CO\begin{cases}CH_2CH_2.\,OH\\OH\end{cases} = \begin{array}{l}CH_2—OH\\|\\CH_2—CO\,OH\end{array}$$



$$2.\ CO\begin{cases}CH(OH)CH_3\\OH\end{cases} = \begin{array}{l}CH_3\\|\\CH<\begin{array}{l}OH\\CO.OH\end{array}\end{array}$$

Eine dritte Art der Bindung läßt die Theorie, sofern man die an ein und dasselbe Kohlenstoffatom angelagerten Wasserstoffatome für gleichwerthig erachtet, als unmöglich erscheinen. Man nennt die Oxypropionsäuren auch Milchsäuren und hat von den beiden der Theorie nach möglichen Milchsäuren die erste als Aethylen-Milchsäure die zweite als Aethyliden-Milchsäure bezeichnet, weil erstere die Aethylen genannte Atomgruppe $\begin{array}{l}CH_2—\\|\\CH_2—\end{array}$ letztere die unter dem Namen Aethyliden bekannte Atomgruppe $\begin{array}{l}CH_3\\|\\CH\\\|\end{array}$ enthält (siehe oben Seite 249). Nun kennt man aber thatsächlich nicht zwei sondern mindestens drei isomere, durch ihr Verhalten sich wesentlich unterscheidende Milchsäuren. Die eine derselben, auch Hydralcrylsäure genannt, weil sie sich beim Erhitzen in Wasser und Acrylsäure spaltet, wird als Aethylenmilchsäure (1) angesprochen, während die beiden anderen, welche man als Gährungsmilchsäure oder optisch inactive Milchsäure und Paramilchsäure oder optisch active Milchsäure oder Fleischmilchsäure unterscheidet, zu Folge der Umsetzungen, die sie erfahren können, als Aethylidenmilchsäuren (2) betrachtet werden müssen. Offenbar steht die Existenz zweier Aethylidenmilchsäuren mit der bisherigen Anschauungsweise in direktem Widerspruch, da man für sie zwei verschiedene Strukturformeln nicht aufzustellen vermag, und für die Verschiedenheit des Verhaltens zweier Verbindungen, denen dieselbe Strukturformel zukommt, bisher eine Erklärung nicht gefunden war. Van t'Hoff*) sucht nun in der bereits oben erwähnten Brochüre die bisher mangelnde Erklärung zu geben und zwar glaubt er dieselbe in der räumlichen Anordnung der das Molekül bildenden Atome zu finden. Um seine Auffassung hier kurz darzulegen, sei zunächst an Folgendes erinnert:

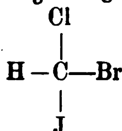
*) Die folgende Darlegung der Ansichten van t'Hoff's ist einem W. M. gezeichnetem Auszug aus der van t'Hoff'schen Brochüre im Naturforscher 1876, Nr. 19, S. 178 entnommen.

Van t'Hoff's unsymmetrische Kohlenstoffatome.

Die Werthigkeit der Atome hat man nach dem Vorgange Kekulé's und Anderer häufig figürlich dargestellt, indem man die Atome durch Holzkugeln veranschaulichte, in welche eine, der Valenzzahl entsprechende Anzahl gleichlanger Drähte eingefügt ist. In diesem Sinne wurden Wasserstoff, Chlor 2c. durch Kugeln mit einem, Sauerstoff, Schwefel u. a. durch solche mit 2 Drähten dargestellt. Bei der symbolischen Darstellung des Kohlenstoffatoms pflegte man in die, das Atom repräsentirende Kugel 4 gleichlange Drähte so einzusetzen, daß sie sich symmetrisch in den Raum erstrecken, und daß also die Endpunkte derselben die Ecken eines regulären Tetraëders bilden. Das Grubengas CH_4 wurde dann dargestellt, indem man an den 4 Drahtenden 4 die Wasserstoffatome bedeutende Kugeln befestigte. Dasselbe kann man in noch einfacherer Weise ausdrücken, wenn man das Grubengas durch ein reguläres Tetraëder darstellt, dessen 4 gleichfarbige (oder weiße) Flächen den 4 H-Atomen entsprechen, während das C-Atom im Mittelpunkte des Tetraëderkörpers gedacht wird. — Nimmt man diese Form des Ausdrucks an, so kann man sich auch die Substitutionsproducte des Grubengases in einfacher Weise darstellen. Bezeichnet man etwa Chlor durch eine graue, Brom durch eine rothe, Jod durch eine violette Färbung der Flächen, während Weiß für den Wasserstoff reservirt bleibt, so würde z. B. Brommethyl, CH_3Br durch ein Tetraëder mit drei weißen und einer rothen, Chloroform $CHCl_3$ durch ein solches mit einer weißen und drei grünen Flächen dargestellt werden 2c.

Man sieht nun leicht ein, daß man von einem Kohlenstoffatom und nicht mehr als drei verschiedenen einwerthigen Elementen etwa (H, Cl und Br) niemals isomere (gleich zusammengesetzte aber doch voneinander verschiedene) Verbindungen wird ableiten können. Verbindungen von der Formel CH_3Cl, CH_2Cl_2, CH_2BrCl existiren immer nur in einer einzigen Form, und dies ist den Symbolen conform; denn wenn wir an einem weißen regulären Tetraëder nicht mehr als 2 Flächen durch andere Farben markiren, so resultirt, wie ein Blick auf das Modell lehrt, gleichviel welche Flächen wir wählen, immer durchaus dieselbe Figur. Van t'Hoff macht nun darauf

aufmerksam, daß die Verhältnisse sich anders gestalten, wenn wir noch ein weiteres einwerthiges Element (z. B. Jod) hinzunehmen. Eine Verbindung der Formel



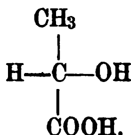
müßte, wie er hervorhebt, in 2 isomeren Modificationen existiren; denn wenn man an einem regulären Tetraëder mit weißen Flächen die eine grün, die zweite roth, die dritte violett färbt, während die letzte weiß bleibt, so resultiren, je nach der Reihenfolge der Farben, 2 verschiedene Figuren, die einander absolut nicht congruent sind, sondern von denen die eine das Spiegelbild der andern ist. Van t'Hoff bezeichnet ein Kohlenstoffatom, welches, wie das des vorliegenden Beispiels, mit vier verschiedenen Elementen oder Radikalen in Verbindung steht, mit dem Namen „unsymmetrisches Kohlenstoffatom" und er stellt den Satz auf: Eine jede Verbindung, welche ein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, muß in wenigstens 2 isomeren Modificationen existiren können. Selbstverständlich hat diese Behauptung nur dann Berechtigung, wenn die Tetraëderhypothese selbst richtig ist, oder wenigstens wirklich bestehenden Verhältnissen einigermaßen entspricht.

Zur Prüfung dieser Hypothese ist es daher von großer Wichtigkeit, den aufgestellten Satz zu controlliren, und es wäre höchst interessant, wenn die (bisher noch unbekannte) Verbindung CH Br ClJ wirklich dargestellt und geprüft würde, ob sie der Isomerie fähig ist.

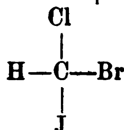
Gewisse Thatsachen liegen nun bereits vor, welche mit der Hypothese zu harmoniren scheinen, und welche van t'Hoff zur Stütze derselben anführt, obschon man wohl viel zu weit gehen würde, wenn man in ihnen bereits eine wirkliche Begründung der Theorie sehen wollte. Einige derselben seien hier kurz angeführt, und als erstes Beispiel möge uns die oben erwähnte Aethylidenmilchsäure dienen. Wir haben deren Constitution durch die Strukturformel

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH<\begin{array}{l} OH \\ CO.OH \end{array} \end{array}$$

ausgedrückt und können der bessern Uebersicht wegen die letztere auch schreiben wie folgt:

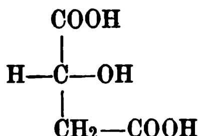


Offenbar erscheint so die Formel der Aethyliden-Milchsäure der Formel des eben besprochenen Körpers



völlig analog, indem nur die 4 Elemente H, Cl, Br und J durch andere Gruppen, nämlich H, CH_3, OH und COOH vertreten sind. Auch die Aethyliden-Milchsäure enthält ein unsymmetrisches Kohlenstoffatom. Adoptirt man die van t'Hoff'schen Betrachtungen, so erscheint, wie aus Obigem ersichtlich, die Existenz zweier Aethyliden-Milchsäuren nicht nur als begreiflich, sondern als nothwendig, weil sie ein mit 4 differenten Gruppen verbundenes C-Atom enthält.

Aehnliche Beziehungen zeigen sich noch in vielen andern Fällen. So hat man gefunden, daß die Aepfelsäure in 2 isomeren Formen vorkommt, für die man bisher keine verschiedenen Constitutionsformeln aufstellen konnte. Bedenkt man aber, daß dieselbe die Struktur



hat, und daß sie also ein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, so erscheint die Existenz der beiden Modificationen derselben geradezu als ein Postulat der van t'Hoff'schen Hypothese. Diese Beispiele mögen an Stelle vieler, die van t'Hoff zusammengestellt hat, hier genügen; und es muß anerkannt werden, daß eine erhebliche Anzahl bisher nicht oder nur schwer erklärlicher Isomerien durch die van t'Hoff'sche

Hypothese unserem Verständnisse, sowie der speculativen Beleuchtung zugänglich gemacht werden.

Aus der reichhaltigen Abhandlung des holländischen Chemikers möge hier nur noch ein Punkt kurze Besprechung finden. Die Arbeit berührt nämlich unter andern eine Erscheinung, welche man bisher meist vom Gebiete der Chemie auf das der Physik zu schieben gesucht hatte, indem man die Ursachen derselben nicht in der Lagerung der Atome innerhalb des Moleküls, sondern vielmehr in der räumlichen Anordnung der ganzen Moleküle suchte. Es ist dies die Erscheinung der sogenannten optischen Activität. Bekanntlich besitzt eine Anzahl von Körpern die Eigenschaft, die Polarisationsebene des durch ihre Lösungen hindurchgehenden polarisirten Lichtes abzulenken (zu drehen.) Solche Körper pflegt man „optisch active" oder auch wohl „drehende" zu nennen, und zwar je nach der Richtung der Ablenkung „rechts drehende" oder „links drehende". Eine sorgfältige Zusammenstellung sämmtlicher bis jetzt bekannter optisch activer Kohlenstoffverbindungen hat nun van t'Hoff das auffallende Resultat ergeben, daß unter ihnen nicht eine ist, welche nicht ein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthält; und dies führt ihn zu einer weiteren Hypothese, welche lautet: Die optische Activität einer organischen Substanz ist durch die Anwesenheit eines unsymmetrischen Kohlenstoffatoms bedingt. Diese Hypothese wird nun durch die Thatsachen freilich nur in einseitiger Weise unterstützt, indem zwar alle optisch activen organischen Substanzen unsymmetrisch sind, dagegen bei weitem nicht alle unsymmetrischen organischen Substanzen optische Activität besitzen. Ueber die Art, wie van t'Hoff diese allerdings sehr bedenkliche Schwierigkeit zu beseitigen sich bemüht, sowie über die physikalischen Betrachtungen, die ihn zu der Annahme eines Zusammenhanges von Asymmetrie und optischer Activität führen, müssen wir uns begnügen, auf die Originalbroschüre zu verweisen. Nur das sei noch bemerkt, daß die chemische Literatur über einige Substanzen berichtet, welche optische Activität besitzen sollten, während sie doch kein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthalten; diese Substanzen sind nun aber neuerdings (Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft 1876) von van t'Hoff wieder dargestellt worden, und er hat gefunden, daß die Angabe, dieselben seien activ, auf Irrthum beruhte.

Man darf dies Ergebniß wohl als eine, wenn auch limitirte, Bestätigung des zweiten van t'Hoff'schen Satzes ansehen.

Die Arbeit van t'Hoff's, so unsicher die darin enthaltenen Thesen auch noch sein mögen, bietet unbedingt viel neue und interessante Gesichtspunkte. Was ihr indessen besonderes Interesse verleiht, ist, daß sie einen nicht zu verkennenden Impuls zur Anstellung neuer Versuche enthält. Es wird zunächst experimentell zu prüfen sein, ob wirklich allgemein die unsymmetrisch constituirten Kohlenstoffverbindungen in 2 isomeren Modificationen existiren, was bisher nur an vereinzelten Beispielen ihre Bestätigung erfahren hat; des weiteren erscheint die Prüfung zahlreicher Substanzen auf ihr optisches Drehungsvermögen, welches nach van t'Hoff eine wirklich chemische Eigenschaft der Körper ist, als eine wesentliche Aufgabe, welcher sich der Chemiker nicht nur wie bisher zur möglichst vollständigen Charakterisirung der Substanzen oder zu physikalischen und analytischen Zwecken unterzieht, sondern welche für die Beurtheilung der Constitution der Substanzen in Betracht kommt, und weitere Bestätigungen der van t'Hoff'schen Ansichten vorausgesetzt, allgemeiner zur Behandlung von Problemen der Strukturchemie benutzt werden könnte.

Nachdem wir so von den der Strukturlehre zu Grunde liegenden Anschauungen ein Bild zu entwerfen versucht haben, das entsprechend dem uns hier vorgezeichneten, engen Rahmen nur ein beschränktes sein konnte — nachdem wir einige der Ziele angedeutet haben, welche man durch die neue Lehre und ihren ferneren Ausbau zu erreichen hofft, möge nun auch noch das Urtheil hier wiedergegeben werden, welches Kolbe, der entschiedenste Bekämpfer der modernen Strukturchemie über den Werth und die Bedeutung der letzteren fällt. Kolbe*) sagt in seinem „Rückblick auf das Jahr 1873" in gewohnter Schärfe:

„Wir sind auf dem besten Wege dazu, daß nicht mehr, wie früher, chemische Untersuchungen, sondern daß nur noch chemische Versuche mit naturphilosophischen Speculationen veröffentlicht werden. „Die neue Lehre von der Struktur der chemischen Verbindungen und der Lagerung der Atome in denselben unterscheidet sich von der geistlosen mechanischen Typen-

*) Journal f. prakt. Chemie (2) Bd. 8, S. 417.

theorie Gerhardt's, welche jener vorausging, dadurch daß sie in der That eine geistreiche, auf den ersten Blick imponirende Hypothese ist, die ganz besonders dadurch besticht, daß sie für jegliche Beobachtung eine Erklärung bietet, und daß sie junge unerfahrene Chemiker befähigt, über die subtilsten chemischen Fragen zu philosophiren."

„Der moderne Chemiker, welcher genau weiß, wie eine chemische Verbindung in der Mitte und wie sie am Ende aussieht, wie die in einer Ebene liegend gedachten sechs Kohlenstoffatome des Benzols untereinander symmetrisch verkettet sind, welcher dann weiter mit dieser Hypothese, die sich Theorie nennt, von der räumlichen Lagerung der Atome eine klare Anschauung zu haben vermeint, welcher gar Ortsbestimmungen für die Atome in den Verbindungen macht, steht längst nicht mehr auf dem soliden Boden der exacten Naturforschung; aus dem Naturforscher ist ein Metaphysiker geworden. Inhalt- und werthlose, aber geistreich scheinende Phrasen haben in der Chemie wieder angefangen, die solide Forschung und das nüchterne Urtheil zu verdrängen."

„Dieser Ausspruch scheint hart, und manche der verblendeten naturphilosophischen Strukturchemiker werden sich dadurch verletzt fühlen, wie vor nicht langer Zeit die Anhänger der jetzt überwundenen Gerhardt'schen Typentheorie mir Rücksichtslosigkeit und Schroffheit vorgeworfen haben, als ich, wie eben jetzt, es unternahm, jene sogenannte Theorie als eine unwissenschaftliche mechanische Handhabung chemischer Formeln, als Formelspielerei zu kennzeichnen."

„Es ist auch jetzt wieder Zeit, ohne Rücksichtnahme auf die Angriffe, die mir darum zu Theil werden mögen, unumwunden auszusprechen, daß die heutige Strukturchemie in ihren tollen Auswüchsen ebensowenig wissenschaftlichen Werth hat, und die Chemie augenblicklich vielleicht noch mehr schädigt als Gerhardt's mechanische Typentheorie."

Bezüglich derer, welche unter Constitution die Lagerung der Atome verstehen, welche gar von einer topographischen Lagerung der Atome reden, sagt Kolbe, daß sie sich Aufgaben stellen, deren Lösung unmöglich ist, und gegenüber denen, die von Lagerung und Aneinanderfügungsweise der Atome, von Ortsveränderung derselben, von der Art und Weise ihrer Bin-

dung, von der Struktur der Moleküle sprechen und dabei vom Räumlichen abstrahiren wollen, rügt er den Gebrauch dieser Ausdrücke, welche bei solcher Auffassung außerordentlich leicht mißzuverstehen sind. Ueberhaupt behauptet Kolbe, von der Art und Weise, wie die elementaren Atome in einem Moleküle sich gegenseitig binden, sich keine Vorstellung machen zu können und bezweifelt, daß die Chemiker jemals hierüber eine Vorstellung gewinnen werden.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß die Strukturlehre dem Begriffe der Valenz entsprungen ist, und bei allen obigen Betrachtungen wurde vorausgesetzt, daß dem Atom der verschiedenen Elemente eine constant bleibende Anzahl von Affinitätseinheiten zukomme. Wenn nun gleich das Wasserstoffatom immer einwerthig, das Sauerstoffatom immer zweiwerthig auftritt und dem Kohlenstoffatom nur in äußerst wenigen Verbindungen (Kohlenoxyd) eine geringere Anzahl von Affinitätseinheiten zugeschrieben werden muß als vier, so muß doch den Atomen andrer Elemente in ihren verschiedenen Verbindungen eine verschiedene Werthigkeit zuerkannt werden. Auch hierauf hat Kolbe*) hingewiesen, indem er sagt:

„Wir lernen, wie am Stickstoff, so besonders gut an den Haloiden, daß die Valenz eines Elements nicht absolut, sondern relativ verschieden ist, je nach der Natur der Elemente, die damit in Verbindung treten. Der fünfwerthige Stickstoff der Salpetersäure kann nicht in gleicher Weise wie mit dem Sauerstoff sich mit 5 Atomen Wasserstoff sättigen. Das Chlor, welches in seinen Sauerstoffsäuren polyvalent ist, scheint in seinen Verbindungen mit den Metallen, wo es, so zu sagen als negatives Glied fungirt, diesen gegenüber immer nur eine Valenz zu haben ꝛc."

Weiter sagt Kolbe in derselben Abhandlung:

„Aus der Erkenntniß, daß jedem Elemente eine bestimmte höchste Sättigungscapacität (Atomität) innewohnt, hat sich der Lehrsatz entwickelt, daß, wenn dieser Sättigungscapacität Genüge geleistet ist, daß also, wenn Kalium sich mit einem Atom Chlor verbunden hat, oder wenn Kali und Schwefelsäure einander völlig neutralisirt haben, die resultirenden Verbindungen,

*) Moden der modernen Chemie. Leipzig 1871, S. 14.

Hypothese unserem Verständnisse, sowie der speculativen Beleuchtung zugänglich gemacht werden.

Aus der reichhaltigen Abhandlung des holländischen Chemikers möge hier nur noch ein Punkt kurze Besprechung finden. Die Arbeit berührt nämlich unter andern eine Erscheinung, welche man bisher meist vom Gebiete der Chemie auf das der Physik zu schieben gesucht hatte, indem man die Ursachen derselben nicht in der Lagerung der Atome innerhalb des Moleküls, sondern vielmehr in der räumlichen Anordnung der ganzen Moleküle suchte. Es ist dies die Erscheinung der sogenannten optischen Activität. Bekanntlich besitzt eine Anzahl von Körpern die Eigenschaft, die Polarisationsebene des durch ihre Lösungen hindurchgehenden polarisirten Lichtes abzulenken (zu drehen.) Solche Körper pflegt man „optisch active" oder auch wohl „drehende" zu nennen, und zwar je nach der Richtung der Ablenkung „rechts drehende" oder „links drehende". Eine sorgfältige Zusammenstellung sämmtlicher bis jetzt bekannter optisch activer Kohlenstoffverbindungen hat nun van t'Hoff das auffallende Resultat ergeben, daß unter ihnen nicht eine ist, welche nicht ein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthält; und dies führt ihn zu einer weiteren Hypothese, welche lautet: Die optische Activität einer organischen Substanz ist durch die Anwesenheit eines unsymmetrischen Kohlenstoffatoms bedingt. Diese Hypothese wird nun durch die Thatsachen freilich nur in einseitiger Weise unterstützt, indem zwar alle optisch activen organischen Substanzen unsymmetrisch sind, dagegen bei weitem nicht alle unsymmetrischen organischen Substanzen optische Activität besitzen. Ueber die Art, wie van t'Hoff diese allerdings sehr bedenkliche Schwierigkeit zu beseitigen sich bemüht, sowie über die physikalischen Betrachtungen, die ihn zu der Annahme eines Zusammenhanges von Asymmetrie und optischer Activität führen, müssen wir uns begnügen, auf die Originalbroschüre zu verweisen. Nur das sei noch bemerkt, daß die chemische Literatur über einige Substanzen berichtet, welche optische Activität besitzen sollten, während sie doch kein unsymmetrisches Kohlenstoffatom enthalten; diese Substanzen sind nun aber neuerdings (Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft 1876) von van t'Hoff wieder dargestellt worden, und er hat gefunden, daß die Angabe, dieselben seien activ', auf Irrthum beruhte.

Man darf dies Ergebniß wohl als eine, wenn auch limitirte, Bestätigung des zweiten van t'Hoff'schen Satzes ansehen.

Die Arbeit van t'Hoff's, so unsicher die darin enthaltenen Thesen auch noch sein mögen, bietet unbedingt viel neue und interessante Gesichtspunkte. Was ihr indessen besonderes Interesse verleiht, ist, daß sie einen nicht zu verkennenden Impuls zur Anstellung neuer Versuche enthält. Es wird zunächst experimentell zu prüfen sein, ob wirklich allgemein die unsymmetrisch constituirten Kohlenstoffverbindungen in 2 isomeren Modificationen existiren, was bisher nur an vereinzelten Beispielen ihre Bestätigung erfahren hat; des weiteren erscheint die Prüfung zahlreicher Substanzen auf ihr optisches Drehungsvermögen, welches nach van t'Hoff eine wirklich chemische Eigenschaft der Körper ist, als eine wesentliche Aufgabe, welcher sich der Chemiker nicht nur wie bisher zur möglichst vollständigen Charakterisirung der Substanzen oder zu physikalischen und analytischen Zwecken unterzieht, sondern welche für die Beurtheilung der Constitution der Substanzen in Betracht kommt, und weitere Bestätigungen der van t'Hoff'schen Ansichten vorausgesetzt, allgemeiner zur Behandlung von Problemen der Strukturchemie benutzt werden könnte.

Nachdem wir so von den der Strukturlehre zu Grunde liegenden Anschauungen ein Bild zu entwerfen versucht haben, das entsprechend dem uns hier vorgezeichneten, engen Rahmen nur ein beschränktes sein konnte — nachdem wir einige der Ziele angedeutet haben, welche man durch die neue Lehre und ihren ferneren Ausbau zu erreichen hofft, möge nun auch noch das Urtheil hier wiedergegeben werden, welches Kolbe, der entschiedenste Bekämpfer der modernen Strukturchemie über den Werth und die Bedeutung der letzteren fällt. Kolbe*) sagt in seinem „Rückblick auf das Jahr 1873" in gewohnter Schärfe:

„Wir sind auf dem besten Wege dazu, daß nicht mehr, wie früher, chemische Untersuchungen, sondern daß nur noch chemische Versuche mit naturphilosophischen Speculationen veröffentlicht werden. „Die neue Lehre von der Struktur der chemischen Verbindungen und der Lagerung der Atome in denselben unterscheidet sich von der geistlosen mechanischen Typen-

---

*) Journal f. prakt. Chemie (2) Bd. 8, S. 417.

theorie Gerhardt's, welche jener voraus ging, dadurch daß sie in der That eine geistreiche, auf den ersten Blick imponirende Hypothese ist, die ganz besonders dadurch besticht, daß sie für jegliche Beobachtung eine Erklärung bietet, und daß sie junge unerfahrene Chemiker befähigt, über die subtilsten chemischen Fragen zu philosophiren."

„Der moderne Chemiker, welcher genau weiß, wie eine chemische Verbindung in der Mitte und wie sie am Ende aussieht, wie die in einer Ebene liegend gedachten sechs Kohlenstoffatome des Benzols untereinander symmetrisch verkettet sind, welcher dann weiter mit dieser Hypothese, die sich Theorie nennt, von der räumlichen Lagerung der Atome eine klare Anschauung zu haben vermeint, welcher gar Ortsbestimmungen für die Atome in den Verbindungen macht, steht längst nicht mehr auf dem soliden Boden der exacten Naturforschung; aus dem Naturforscher ist ein Metaphysiker geworden. Inhalt- und werthlose, aber geistreich scheinende Phrasen haben in der Chemie wieder angefangen, die solide Forschung und das nüchterne Urtheil zu verdrängen."

„Dieser Ausspruch scheint hart, und manche der verblendeten naturphilosophischen Strukturchemiker werden sich dadurch verletzt fühlen, wie vor nicht langer Zeit die Anhänger der jetzt überwundenen Gerhardt'schen Typentheorie mir Rücksichtslosigkeit und Schroffheit vorgeworfen haben, als ich, wie eben jetzt, es unternahm, jene sogenannte Theorie als eine unwissenschaftliche mechanische Handhabung chemischer Formeln, als Formelspielerei zu kennzeichnen."

„Es ist auch jetzt wieder Zeit, ohne Rücksichtnahme auf die Angriffe, die mir darum zu Theil werden mögen, unumwunden auszusprechen, daß die heutige Strukturchemie in ihren tollen Auswüchsen ebensowenig wissenschaftlichen Werth hat, und die Chemie augenblicklich vielleicht noch mehr schädigt als Gerhardt's mechanische Typentheorie."

Bezüglich derer, welche unter Constitution die Lagerung der Atome verstehen, welche gar von einer topographischen Lagerung der Atome reden, sagt Kolbe, daß sie sich Aufgaben stellen, deren Lösung unmöglich ist, und gegenüber denen, die von Lagerung und Aneinanderfügungsweise der Atome, von Ortsveränderung derselben, von der Art und Weise ihrer Bin-

dung, von der Struktur der Moleküle sprechen und dabei vom Räumlichen abstrahiren wollen, rügt er den Gebrauch dieser Ausdrücke, welche bei solcher Auffassung außerordentlich leicht mißzuverstehen sind. Ueberhaupt behauptet Kolbe, von der Art und Weise, wie die elementaren Atome in einem Moleküle sich gegenseitig binden, sich keine Vorstellung machen zu können und bezweifelt, daß die Chemiker jemals hierüber eine Vorstellung gewinnen werden.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß die Strukturlehre dem Begriffe der Valenz entsprungen ist, und bei allen obigen Betrachtungen wurde vorausgesetzt, daß dem Atom der verschiedenen Elemente eine constant bleibende Anzahl von Affinitätseinheiten zukomme. Wenn nun gleich das Wasserstoffatom immer einwerthig, das Sauerstoffatom immer zweiwerthig auftritt und dem Kohlenstoffatom nur in äußerst wenigen Verbindungen (Kohlenoxyd) eine geringere Anzahl von Affinitätseinheiten zugeschrieben werden muß als vier, so muß doch den Atomen andrer Elemente in ihren verschiedenen Verbindungen eine verschiedene Werthigkeit zuerkannt werden. Auch hierauf hat Kolbe*) hingewiesen, indem er sagt:

„Wir lernen, wie am Stickstoff, so besonders gut an den Haloiden, daß die Valenz eines Elements nicht absolut, sondern relativ verschieden ist, je nach der Natur der Elemente, die damit in Verbindung treten. Der fünfwerthige Stickstoff der Salpetersäure kann nicht in gleicher Weise wie mit dem Sauerstoff sich mit 5 Atomen Wasserstoff sättigen. Das Chlor, welches in seinen Sauerstoffsäuren polyvalent ist, scheint in seinen Verbindungen mit den Metallen, wo es so zu sagen als negatives Glied fungirt, diesen gegenüber immer nur eine Valenz zu haben ꝛc."

Weiter sagt Kolbe in derselben Abhandlung:

„Aus der Erkenntniß, daß jedem Elemente eine bestimmte höchste Sättigungscapacität (Atomität) innewohnt, hat sich der Lehrsatz entwickelt, daß, wenn dieser Sättigungscapacität Genüge geleistet ist, daß also, wenn Kalium sich mit einem Atom Chlor verbunden hat, oder wenn Kali und Schwefelsäure einander völlig neutralisirt haben, die resultirenden Verbindungen,

*) Moden der modernen Chemie. Leipzig 1871, S. 14.

weil sie keine freien, ungebundenen Affinitäten mehr haben, auch keine Affinitäten mehr äußern, und darum sich nicht weiter mit anderen Körpern verbinden können. Dieser fundamentale Lehrsatz der modernen Chemie ruht auf schwachen Füßen; er ist eben falsch."

„Wir wissen, daß das Chlorkalium, worin keins der beiden einwerthigen Elemente nach ihrer Vereinigung freie Affinität mehr hat, sich dennoch mit anderen Körpern verbindet, daß es sich mit Platinchlorid, wie eine Base mit einer Säure, zu einem sehr beständigen neuen Salz vereinigt; wir wissen, daß in ähnlicher Weise schwefelsaures Kali mit andern schwefelsauren Metallsalzen stabile sog. Doppelsalze giebt ꝛc."

Victor Meyer*) hat wohl Einwendungen, wie die vorstehenden im Auge, indem er darauf hinweist, daß man es in der anorganischen Chemie allerdings mit Elementen von anscheinend weniger constanter Werthigkeit und mit Verbindungen zu thun habe, von denen die größte Mehrzahl in Bezug auf ihr Molekulargewicht vollständig unbekannt sei. Hierauf ist es nach V. Meyer zurückzuführen, daß die Strukturlehre für die anorganische Chemie bisher noch wenig Nutzen gebracht hat. Aus diesem Grunde die Theorie anzugreifen erscheint ihm indessen ungerechtfertigt, denn die Vortheile, welche die Valenzlehre mit Zugrundelegung der fast ausnahmslosen Unveränderlichkeit in der Valenz des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs für die organische Chemie gebracht hat, erscheinen ihm unverkennbar; ja für die organische Chemie erscheint ihm die Valenzlehre als eine Nothwendigkeit weil wir ohne sie nicht im Stande sind, die Isomerie, gegenwärtig die interessanteste Erscheinung in diesem Gebiete, zu erklären.

Ohne Zweifel ist die allerdings noch völlig unklare Vorstellung über die Natur dessen, was wir eine Valenz nennen, eine schwache Seite der Strukturlehre. Man bemüht sich, wie oben (S. 252) angedeutet wurde, in dieser Hinsicht Aufschlüsse zu erlangen, ob es indessen gelingen werde, von der Natur der Valenz — wie Victor Meyer sich ausdrückt — eine bestimmtere, physikalisch zulässige Vorstellung zu gewinnen, muß der Zukunft anheim gegeben werden. Jedenfalls wird man

*) Liebig's Ann. d. Chem. 1876. Bd. 180, S. 192.

inzwischen nicht außer Acht zu lassen haben, daß die Grundlagen der Strukturlehre rein hypothetischer Natur sind und wird insbesondere sich des im Vorstehenden mehrfach erwähnten Umstandes zu erinnern haben, daß den fundamentalen, allgemein ausgesprochenen Sätzen der Strukturlehre vielfach nur eine beschränkte Gültigkeit zukommt. Wer dessen sich bewußt bleibt, wird sich veranlaßt sehen, den Schlüssen, zu denen man mit Hülfe der neuen Lehre gelangt, so lange sie ihre experimentelle Begründung noch nicht gefunden haben, ein nur beschränktes Vertrauen zu schenken. Leider ist dies nicht durchgängig geschehen, vielmehr haben neuerdings manche Chemiker geglaubt mit Hülfe der leitenden Ideen der Strukturlehre auch ohne genügende experimentelle Beweisführung über die Constitution der Körper schlüssig werden zu dürfen, und namentlich auch dieses ist von Kolbe zu wiederholten Malen sehr scharf gerügt worden. Kolbe erinnert in dieser Beziehung an die Berzelius'schen Worte: „Bei Versuchen um zur Kenntniß von der rationellen Zusammensetzung der Körper zu gelangen, kann man niemals genug Vorsicht in den Schlüssen, genug Gründlichkeit in den Urtheilen und genug Vielseitigkeit in den Beweisen anwenden."

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Wir wenden uns nach diesen allgemeineren Betrachtungen zur Besprechung einzelner Elemente und ihrer Verbindungen, wobei wir jedoch von denjenigen Elementen absehen wollen, die im vorigen Jahrgange Gegenstand ausführlicherer Mittheilungen gewesen sind. Wir beginnen mit dem:

Phosphor.

Fabrikation desselben. Wenngleich fast alle Zweige der chemischen Industrie im Laufe der letzten Jahrzehnte in Deutschland einen mächtigen Aufschwung genommen haben, so

giebt es doch einzelne Fabrikationen, in welchen Deutschland mit dem Auslande nicht konkurriren zu können scheint, und zu diesen gehört die Fabrikation des Phosphors. Nach A. v. Schrötter*) wird gegenwärtig der Gesammtbedarf an Phosphor hauptsächlich von zwei Fabriken geliefert, nämlich von der Firma Albright und Wilson in Oldburg bei Birmingham und von Coignet und Sohn in Lyon, während in Deutschland und Oesterreich kein Phosphor mehr erzeugt wird, da hier wenigstens alle namhafteren Fabriken, so die Schattenmann's in Buxweiler, Pauli's in Karlsruhe, Ploy's in Obernberg und in Manning, Riese-Stallburg's in Wranowitz und ebenso die Stark'schen Werke zu Kasnau in Böhmen die Phosphorfabrikation aufgegeben haben. Als Grund dieser seltsamen Erscheinung wird der Preis der Knochen angegeben, welcher in Deutschland und Oesterreich theils in Folge der erhöhten Nachfrage nach Knochenkohle seitens der hier mehr und mehr an Ausdehnung gewinnenden Zuckerfabriken, theils in Folge des stets wachsenden Bedarfs der Landwirthschaft an Knochenmehl in stetem Steigen begriffen war. Befremdender würde es erscheinen, wenn, wie Schrötter vermuthet, einzelne österreichische Fabriken eine fernere Ursache des Verlustes ihrer Concurrenzfähigkeit in dem Umstande zu suchen haben sollten, daß sie die Ausbeute an Phosphor nicht zu erzielen vermochten, die man in England erreicht. In England soll man aus 100 Centner Knochen circa 8 Centner Phosphor gewinnen. — In Hinblick auf die hohen Preise der Knochen ist es von Wichtigkeit, daß man in England angefangen hat, bei der Phosphorfabrikation statt der Knochenerde auch natürliche Phosphorite zu verwenden. Insbesondere soll man daselbst Phosphor aus „Sombrerit" gewinnen, d. i. einem Minerale, welches sich auf den Antillen, namentlich auf der Insel Sombrero, in großer Menge vorfindet und neben etwa 1 Proc. Wasser und 6 Proc. Thonerde gegen 43 Proc. Kalk und 50 Proc. Phosphorsäure enthält.

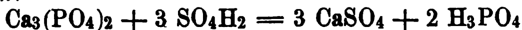
Ueber die Fabrikationsmethoden des Phosphors ist in neuerer Zeit wenig veröffentlicht worden, doch verdient in dieser Beziehung erwähnt zu werden, daß, wie Schrötter a. a. O.

*) Amtl. Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. III. S. 228.

mittheilt, das von Wöhler schon vor Jahren in Vorschlag gebrachte Verfahren, den phosphorsauren Kalk mit Kieselsäure und Kohle zu zerlegen, in der bereits genannten Fabrik von Coignet in Lyon im Großen in Anwendung gebracht worden ist. Ein auf demselben Princip beruhendes, von Brisson angegebenes Verfahren ist hier schon früher (Bd. VII. S. 312) beschrieben worden.

In Frankreich haben Pelhuche und Pervilly ein Verfahren der Phosphorfabrikation patentirt erhalten. Das Patent*) beschreibt einen eigenthümlichen Apparat, welcher gestattet, den Betrieb in einen continuirlichen zu verwandeln. Dieser Apparat besteht aus zwei guß- oder schmiedeeisernen Cylindern, deren einer sich in den andern einschieben läßt. Der innere Cylinder, welcher kürzer ist als der äußere, wird mit einem Gemenge aus saurem Calciumphosphat und Holzkohle beschickt, wogegen man den leeren Raum des äußeren Cylinders nur mit Holzkohle anfüllt. Man erhitzt nun zunächst blos den äußeren Cylinder und schiebt den inneren erst dann ein, wenn der erstere zur hellen Rothgluth gebracht ist. Sobald der Phosphor abdestillirt ist, entfernt man den innern Cylinder um ihn sofort durch einen anderen, in gleicher Weise beschickten, zu ersetzen. — Die Patentträger wenden auf 100 Gewichtstheile Knochenerde oder Tricalciumphosphat, die mit dem Zehnfachen Wasser angerührt werden, 96 bis 100 Gewichtstheile Schwefelsäure von 66° B. an, und behaupten, in Folge dessen den gesammten Phosphor zu gewinnen.

Man erkennt leicht, daß die hier zur Verwendung gebrachte Schwefelsäuremenge, welche weit größer ist als die bisher für zweckmäßig erachtete, ausreichend sein würde um den gesammten Kalkgehalt des Tricalciumphosphats in Gyps zu verwandeln und somit die gesammte Phosphorsäure frei zu machen:



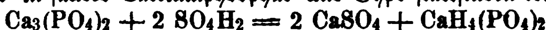
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3\ SO_4H_2 = 3\ CaSO_4 + 2\ H_3PO_4$$

Wird daher die vom ausgeschiedenen Gyps befreite Lösung verdampft und der mit Holzkohle gemischte Verdampfungsrückstand in die als Retorten dienenden Cylinder gebracht, so würde nicht sowohl ein Gemenge von Kohle und saurem Calcium-

*) Bulletin de la société chimique d. Paris t. 19 p. 183.

phosphat, sondern im Wesentlichen ein Gemenge von Kohle und Phosphorsäure als Beschickungsmaterial für die Cylinder dienen.

Bisher hat man die Bildung freier Phosphorsäure bei der Behandlung der Knochenerde mit Schwefelsäure zu vermeiden gesucht, denn man nimmt an, daß die freie Phosphorsäure sich zum großen Theil schon unter derjenigen Temperatur unzersetzt verflüchtigt, bei welcher die Kohle reducirend auf dieselbe einwirkt. Man hat daher den Schwefelsäurezusatz bisher so bemessen, daß nur eine Ueberführung des Tricalciumphosphats in saures Calciumphosphat und Gyps stattfinden konnte:



$$Ca_3(PO_4)_2 + 2\ SO_4H_2 = 2\ CaSO_4 + CaH_4(PO_4)_2$$

Das saure Calciumphosphat kann unter der Einwirkung hoher Temperatur nur in Metaphosphat verwandelt werden



$$CaH_4(PO_4)_2 = Ca(PO_3)_2 + 2\ H_2O$$

und das Metaphosphat wird durch die Kohle in der Glühhitze zerlegt wie folgt:



$$2\ Ca(PO_3)_2 + 5C = P_2 + Ca_2P_2O_7 + 5CO$$

woraus sich zugleich ergiebt, daß bei vorhergehender Ueberführung des Tricalciumphosphats in saures Phosphat allerdings nur die Hälfte des vorhandenen Phosphats in freiem Zustande erhalten werden kann, während die andere Hälfte in rückständig bleibendes Calciumpyrophosphat übergeht.

Wenn nun die Patentträger, abweichend von dem bisherigen Verfahren, die Menge der verwendeten Schwefelsäure so weit erhöhen, daß freie Phosphorsäure auftreten muß, so dürften sie wohl von der Voraussetzung ausgehen, daß etwa gebildete Phosphorsäuredämpfe bei der Anordnung ihres Apparates nicht unzersetzt entweichen können, daß dieselben vielmehr dadurch, daß sie eine Schicht glühender Holzkohlen passiren müssen, eine vollständige Reduction zu Phosphor erfahren. Sollte sich diese Voraussetzung als richtig bestätigen, so würde allerdings durch die in Rede stehende Modification des Verfahrens ein doppelter Vortheil, nämlich der des continuirlichen Betriebs und der einer wesentlich erhöhten Ausbeute zu erreichen sein.

Ein Verfahren der Phosphorfabrikation, welches sich J. T. Dann*) in London für G. F. Féron in Rouen in

*) Ber. d. deutsch chem. Gesellsch. Bd. 6, S. 1428.

England patentiren ließ, scheint sich im Princip von dem eben besprochenen wenig zu entfernen.

J. H. Player*) in Birmingham leitet die bei der Phosphorfabrikation entweichenden, gasförmigen Phosphorverbindungen (Phosphorwasserstoff u. a.) in eine Kupfervitriollösung, wodurch ein Kupferphosphid niedergeschlagen wird, das wahrscheinlich bei der Bereitung der weiter unten zu besprechenden Phosphorbronze Verwendung finden soll. Sein Verfahren wurde in England patentirt.

Die verschiedenen Modificationen des Phosphors sind in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Dabei hat sich herausgestellt, daß der sogenannte „schwarze Phosphor" nicht als eine besondere, allotrope Modification des Phosphors, sondern als verunreinigter gewöhnlicher Phosphor anzusehen ist. Bekanntlich hatte Thenard beobachtet, daß zu wiederholten Malen destillirter Phosphor, wenn er auf circa 70⁰ C. erwärmt und dann durch Eingießen in kaltes Wasser rasch abgekühlt wurde, zu einer schwarzen Masse erstarrte, während er im geschmolzenem Zustande farblos, wie gewöhnlicher Phosphor erschien. Die Richtigkeit der Beobachtung ist vielfach angezweifelt worden, da sich viele Chemiker vergeblich bemühten, den schwarzen Phosphor nach dem angegebenen Verfahren zu erhalten. Nach E. Ritter**) nun tritt die Schwärzung des Phosphors beim Erstarren nur ein, wenn der angewendete Phosphor fremde Körper, Metalle oder Metalloide, beigemengt enthält, und ist nach ihm namentlich ein Arsengehalt des käuflichen Phosphors die häufige Ursache jener Erscheinung, die in diesem Falle durch die Abscheidung eines im Phosphor sehr vollkommen vertheilt bleibenden, schwarzen Arsenphosphürs bedingt wird, welches beim Lösen des Phosphors in Schwefelkohlenstoff ungelöst bleibt und dessen Zusammensetzung von Ritter entsprechend der Formel As_2P gefunden wurde. Auch ein Gehalt des Phosphors an Kupfer oder an Quecksilber kann nach Ritter jene Erscheinung herbeiführen. Blondlot***), der in Folge der Mittheilungen Ritter's seine früheren Untersuchungen über denselben

*) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 7, S. 1032.
**) Comptes rendus, t. 78, p. 192.
***) Dieselben t. 78, p. 1130.

Gegenstand (dies Jahrbuch Bd. VII, S. 314) wieder aufgenommen hat, behauptet hingegen, daß nur ein Quecksilbergehalt des Phosphors das Eintreten der von Thenard beobachteten Erscheinung bewirken könne, und daß nur Quecksilber oder dessen Verbindungen zur Entstehung jenes Pigments Veranlassung gäbe, welches durch seine äußerst feine Vertheilung dem gewöhnlichen Phosphor beim Erstarren die schwarze Färbung ertheile.

Die Eigenschaften des „rothen Phosphors" sind neuerdings mehrfach einer sorgfältigen Prüfung unterworfen worden. Schon Hittorf*) hat gezeigt, daß Temperaturen zwischen 240 und 250° C. für die Umwandlung des farblosen Phosphors in den rothen nicht die vortheilhaftesten sind. Allerdings beginnt der rothe Phosphor, wenn er unter normalem Luftdruck auf 260° C. erhitzt wird, bei dieser Temperatur zu verdampfen und die Dämpfe verdichten sich in den kälter gehaltenen Theilen des Apparates wieder zu gewöhnlichem, farblosen Phosphor, daher man jene Temperaturgrenze nicht erreichen darf, vielmehr zwischen 240 und 250° C. operiren muß, wenn man in mit der äußeren Atmosphäre communicirenden Gefäßen die Umwandlung des gewöhnlichen Phosphors in rothen bewirken will. Erhitzt man dagegen gewöhnlichen Phosphor in geschlossenen Gefäßen, also unter hohem Druck auf Temperaturen über 300° C. (gewöhnlicher Phosphor siedet unter dem Drucke einer Atmosphäre bei 290° C.) so erfolgt, wie Hittorf zeigte, die Umwandlung in rothen Phosphor weit rascher als zwischen 240 und 250° C., sie erfolgt um so rascher je höher die Temperatur ist. Auch beobachtete schon Hittorf, daß die Eigenschaften des rothen Phosphors (Farbenüance, specifisches Gewicht rc.) sich mit der Temperatur, der er ausgesetzt war, wesentlich ändern, daß der völlig amorph erscheinende, rothe Phosphor bei hohen Temperaturen in eine krystallinische Modification übergeht, und daß man ihn in schönen, stark metallglänzenden, dunkelroth bis schwarz erscheinenden, an der Luft unveränderlichen Krystallen erhalten kann, wenn man Phosphor mit Blei in eine evacuirte Glasröhre eingeschlossen der Glühhitze aussetzt. Man findet die Krystalle

*) Poggend. Annalen Bd. 126, S. 203.

beim Oeffnen des erkalteten Rohrs hauptsächlich auf der Oberfläche des Bleis aufsitzen. Hittorf fand das spec. Gewicht derselben = 2,34 bei 15,5° C. und betrachtet sie als eine besondere allotrope Modification des Phosphors, welche er als die „metallische krystallisirte“ bezeichnet.

Hittorf spricht (a. a. O. S. 203) die Vermuthung aus, daß die raschere Umwandlung des gewöhnlichn Phosphors bei hoher Temperatur und unter Druck den Chemikern, die sich mit der Darstellung des rothen Phosphors befassen, ein willkommenes Mittel gewähren werde, das Verfahren abzukürzen. Diese Vermuthung hat sich indessen bis jetzt nicht bestätigt. Bei der Umwandlung großer Mengen von Phosphor in geschlossenen Gefäßen würden die letzteren unter Umständen allerdings einen sehr bedeutenden Druck auszuhalten haben, da sich der Uebergang selbst unter Freiwerden von Wärme vollzieht, und somit eine beträchtliche Erhöhung der Temperatur eintreten kann. Die Furcht vor gefahrdrohenden Explosionen mag daher Ursache sein, daß man bei fabrikmäßiger Darstellung des rothen Phosphors bisher auf jene Abkürzung des Verfahrens verzichtet hat. Die neuesten Mittheilungen Schrötter's über die Fabrikationsmethode des rothen Phosphors lauten (a. a. O. S. 224) wie folgt:

„Die Umwandlung des gewöhnlichen Phosphors in den rothen geschieht in eisernen Kesseln, die während der Erhitzung bis zu 240° C. offen bleiben, jedoch so, daß die Luft nur durch ein enges nicht zu kurzes Rohr sparsamen Zutritt hat. Hierdurch wird die Gefahr jeder Explosion vermieden und es verbrennt doch nur sehr wenig Phosphor, da der Luftwechsel im Kessel sehr langsam vor sich geht, der Phosphor aber so rasch allen Sauerstoff consumirt, daß die Luft im Kessel bald keine Spur mehr davon enthält. Der so bereitete, immer noch mit etwas gewöhnlichem gemengte, rothe Phosphor wird unter Wasser zerrieben, durch Kochen mit Natronlauge vom gewöhnlichen Phosphor befreit, gewaschen und getrocknet.“

Nach Hittorf haben Troost und Hautefeuille die allotropen Umwandlungen des Phosphors näher studirt und ihre Beobachtungen in einer Reihe von Abhandlungen*) mitgetheilt.

*) Comptes rendus. t. 76, p. 76 u. 219. t. 78, p. 748.

Sie haben die Dampfspannungen des Phosphors bei verschiedenen hohen Temperaturen ermittelt und überdies die Dichte und die Verbrennungswärme der verschiedenen Varietäten des rothen Phosphors bestimmt. Sie bestätigen die Angaben Hittorf's, daß die Eigenschaften des rothen Phosphors variiren je nach den Temperaturen, die bei seiner Darstellung erreicht wurden, und unterscheiden demnach verschiedene Varietäten desselben. Betrug diese Temperatur 265° C., so bildet er eine prächtig rothe Masse vom glasigem Bruche, deren Glanz an den des Realgar erinnert. Der bei 440° C. umgewandelte Phosphor ist orangefarbig und erscheint auf den Bruchflächen matt und körnig. Ueber 500° C. wird er wieder compacter und nimmt eine sehr lebhafte, grauviolette Färbung an. Der bei 580° gebildete, rothe Phosphor besitzt muscheligen Bruch, und die Transparenz dünner Schichten läßt vermuthen, daß er eine angehende Schmelzung erlitten hat. Bei dieser Temperatur, der höchsten, welche die angewendeten Apparate zuließen, bilden sich im Innern des eine anscheinend geschmolzene Masse darstellenden rothen Phosphors bisweilen rubinrothe Krystalle. Zur Bestimmung der Verbrennungswärme wurden die bei verschiedenen Temperaturen gebildeten Varietäten des rothen Phosphors mittelst einer Jodsäurelösung von geeigneter Concentration oxydirt. Die pro Gramm entwickelten Calorien so wie die bei 0° ermittelten specifischen Gewichte sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Entstehungstemperatur		Dichte bei 0°	Verbrennungswärme in Calorien
265° C.		2,148	5592
360° C.		2,19	5570
500° C.		2,293	über 5272
580° C.	geschmolzen	—	5222
	krystallisirt.	2,34	5272

Diese Zahlen beweisen, daß der unterhalb 580° gebildete rothe Phosphor eine gewisse Wärmemenge verliert, wenn man ihn genügend stark erhitzt, um seine Krystallisation zu bewirken, wogegen der geschmolzen erscheinende, bei 580° C. gebildete bei der Krystallisation Wärme aufnimmt.

Zündwaaren.

Unter den Anwendungen, welche der Phosphor erfährt, ist die zur Herstellung von Zündwaaren offenbar die wichtigste. Dies erhellt zunächst aus den Angaben, die über den Phosphorverbrauch der europäischen Zündwaarenfabriken vorliegen. Schrötter schätzt a. a. O. den jährlichen Verbrauch der letzteren allein an gewöhnlichen Phosphor, mit Ausschluß des rothen, auf 21,600 Centner, während er die jährliche Gesammtproduction Europas an Phosphor auf 24,000 Centner veranschlagt. Wenngleich nun eine solche Schätzung auf ziemlich unsicherer Basis beruht, so ist doch unzweifelhaft, daß die Fabrikation der Phosphorzündhölzchen in der kurzen Zeit ihres Bestehens einen enormen Aufschwung genommen hat. W. F. Gintl, welcher im österreichischen, officiellen Ausstellungsbericht die in Wien ausgestellt gewesenen Zündwaaren bespricht, beginnt seine Mittheilungen mit einer recht interessanten Darlegung der Entwicklung jenes so bedeutungsvoll gewordenen Industriezweiges. Ein kurzer Auszug aus dem Gintl'schen Berichte möge hier folgen.

Die Idee, den leicht entzündlichen Phosphor als Zündmittel zu verwenden, ist zuerst im Jahre 1816 von Derosne in Paris ausgesprochen worden, doch ist nicht mit Sicherheit bekannt, wem das Verdienst zukommt, diese Idee zuerst praktisch verwerthet zu haben. Es steht fest, daß Reibzündhölzchen mit phosphorhaltiger Zündmasse nahezu gleichzeitig in verschiedenen Ländern auftauchten. Die ersten derartigen Reibzündhölzchen, welche auf dem Continent in den Handel kamen, dürften diejenigen gewesen sein, welche J. L. Kammerer 1832 in Ludwigsluſt fabrizirte, während in England fast zur gleichen Zeit ein ähnliches Product von John Walker geliefert wurde. Im Jahre 1833 stellte auch Dr. Moldenhauer in Darmstadt dergleichen Zündhölzchen her und ein Jahr später befaßten sich in Wien bereits drei Zündhölzchenfabrikanten (St. Römer, L. Preschel und Sigel mit der Erzeugung von Phosphorzündhölzchen, während sich in Paris Madame Merkel um die Einführung des neuen Artikels bemühte. Diese Erstlinge der Phosphorzündhölzchen hatten indessen noch wesentliche Mängel.

Der hohe Phosphorgehalt ihrer Zündmasse und der zur Unterstützung des Verbrennungsprozesses gegebene Zusatz an chlorsaurem Kalium bedingten neben der allerdings zum Theil beabsichtigten leichten Entzündlichkeit derselben auch einige Gefährlichkeit dieser neuen Feuerzeuge.

Explosionen, welche durch unachtsames Gebahren bei der Fabrikation der Zündmasse veranlaßt, sowie schwere Verletzungen, die durch zufälliges Abspringen der Zündmasse beim Gebrauche solcher Zündhölzchen herbeigeführt waren, hatten die Gefährlichkeit derselben hinlänglich dargethan, und dies war es, was ihrer allgemeinen Verbreitung wesentlich hinderlich wurde und sogar die Regierungen einzelner Länder veranlaßte, die Erzeugung und den Verkauf dieser Zündhölzchen geradezu zu verbieten. So wäre wohl der neuen Industrie gar bald der Lebensfaden abgeschnitten worden, wenn nicht im Jahre 1837 der Wiener Zündhölzchenfabrikant L. Preschel, in Verfolgung des bereits zwei Jahre vorher durch Trevany angebahnten Fortschrittes, im Ersatze des chlorsauren Kaliums der Zündmasse durch Blei-Superoxyd und später (1840) durch ein weniger kostspieliges Gemenge des letzteren mit salpetersaurem Blei, das Mittel gefunden hätte, die Zündmasse weniger leicht entzündlich und explosiv, mithin aber auch minder gefährlich zu machen.

Damit war der von nun an rasch emporblühenden Zündhölzchen-Industrie der Weg geebnet und die nunmehr noch von Böttger, Wagner und Anderen gebrachten Vorschläge, das chlorsaure Kalium durch billigere Oxydationsmittel, wie Salpeter, Braunstein, Kaliumbichromat, Bariumnitrat u. s. w. zu ersetzen, konnten nur den Werth haben ein billigeres Produkt zu liefern. In gleichem Sinne wirkte der Versuch Moldenhauer's (1839) den als Bindemittel für die Bestandtheile der Zündmasse dienenden arabischen Gummi durch Leim zu ersetzen, dem Preschel (1843) mit Erfolg das Dextringummi substituirte. In Folge dessen reducirte sich der Preis der Phosphorzündhölzchen, der sich um die Mitte der dreißiger Jahre noch auf 8—10 Pf. pro Schachtel (50—60 Stück) belief, um etwa 25 Procent.

Aber es gab noch manche Schwierigkeit zu überwinden. Bei der Höhe des Phosphorgehaltes der Zündmassen, die

30—50 Procent betrug, war der leicht oxydirbare Phosphor gegen eine, wenn auch nur allmählig fortschreitende Oxydation nicht genügend geschützt. In Folge derselben stellten sich zwei wesentliche Uebelstände ein. Die Zündhölzchen verbreiteten während der Aufbewahrung unangenehm riechende und überdies nicht unschädliche Dämpfe, und sie neigten durch allmählige Bildung von hygroskopischen Oxydationsprodukten des Phosphors zum Feuchtwerden und wurden dadurch unbrauchbar.

Diesen letzteren Uebelstand beseitigte Dr. Moldenhauer, indem er zunächst einen Zusatz von gebrannter Magnesia (die er später durch die billigere Kreide ersetzte) zur Zündmasse machte, während Preschel zum gleichen Zwecke, sowie zur Milderung des üblen Geruches schon im Jahre 1840 die Köpfchen seiner Zündhölzer mit einem Harzfirnisse überzog, eine Praxis, die, später durch Pollak in Wien (1846) verbessert, sich bis heute erhalten hat. Hatte man so erst Sicherheit in der Erzeugung haltbarer und verläßlicher Phosphor-Zündwaaren gewonnen, so fing man bald auch an, dem Luxus Rechnung zu tragen. Zuerst ersetzte man den als Ueberträger der Zündung von der rasch abbrennenden Zündmasse auf das Holz, ursprünglich allein angewandten Schwefel durch geruchlos verbrennende Körper, wie Fichtenharz, Wachs, Stearin oder wie R. M. Lechtford im Jahre 1862 empfahl, durch Paraffin. Später folgten allerhand Künste, um das Auge zu befriedigen. So lehrte 1854 St. Krakowitzer in Pottenstein (Oesterreich) das Metallisiren der Zündholzköpfchen durch Herstellung eines Ueberzuges von Schwefelblei auf der Oberfläche der Köpfchen und gab hierfür eine Vorschrift, die heute noch ziemlich allgemein zur Erzeugung der Zündhölzchen mit Metallköpfchen in Verwendung steht. Die Farben der Zündholzköpfchen gestalteten sich immer bunter und durch Applikation farbiger Lacke auf metallisirte Köpfchen brachte endlich Pojatzi (Landsberg, Steyermark) seine in allen Farbennüancen mit metallischem Reflexe schimmernden „Phantasie-Pracht-Salonhölzchen" (Zündhölzer mit Brillantköpfchen) zu Stande, die zum Ueberflusse noch mit wohlriechenden Zuthaten ausgestattet waren. Endlich begann man auch damit, die Hölzer durch dünne Kerzchen zu ersetzen.

Ein wichtigerer Fortschritt bestand darin, daß man nament-

lich durch eine vollkommnere Vertheilung des Phosphors in der Zündmasse eine Verminderung des Phosphorgehalts der letzteren ermöglichte. Der früher über 30 Procent betragende Phosphorgehalt wurde zunächst etwa auf die Hälfte reducirt und gegenwärtig sind Zündmassen mit nur 5 bis 7 Procent Phosphorgehalt vielfach in Anwendung. Dadurch hat man nicht nur die Herstellungskosten derselben vermindert, sondern zugleich einen Uebelstand beseitigt, der häufige Ursache des Versagens der Zündhölzchen war. Ein zu hoher Phosphorgehalt soll nämlich die Entstehung einer dünnen, die Kuppe des Hölzchens überkleidenden Phosphorsäureschicht veranlassen können, welche, da sie den Luftzutritt abhält, das Entflammen des Hölzchens erschwert.

Nach Mittheilungen von H. Schwarz*) befinden sich gegenwärtig Zündhölzchen im Handel, deren Zündmasse nur wenig über 3 Procent Phosphor enthält. Schwarz fand eine solche durch Indigschwefelsäure blaugefärbte Zündmasse zusammengesetzt wie folgt:

Phosphor	3,2	Proc.
Kohlensaurer Kalk	15,8	„
Schwefelsaurer Kalk	8,9	„
Glaspulver	18,6	„
Chlorsaures Kali	35,4	„
Organ. Subst. u. Verlust	18,1	„
	100,0	Proc.

Eine solche Zündmasse erhält man nach Schwarz indem man verwendet:

1	Theil	Phosphor
7	„	Kreide
6	„	Glaspulver
2	„	conc. Schwefelsäure
0,2	„	Indigo
11,2	„	chlorsaures Kali
4	„	Gummi

und zwar wird der unter der Gummilösung geschmolzene Phosphor mit jener verrieben, dann die Kreide, das Glaspulver und der in der Schwefelsäure gelöste Indigo zugesetzt; nachdem

*) Dingl. pol. Journ. 1876, Bd. 219, S. 244.

die eintretende Kohlensäureentwicklung beendigt, wird endlich das feingepulverte chlorsaure Kali allmählig zugemischt. Offenbar soll der Zusatz von Kreide (von welcher ein Theil durch die Indigoschwefelsäure in Gyps verwandelt wird) die Wirkung des in ziemlich beträchtlicher Menge verwendeten chlorsauren Kalis mäßigen. Diese Masse zündet auf geschwefelten dünnen Hölzern mit Knall, sie hält und zündet besser auf paraffinirten starken Hölzern. Immerhin verlangt sie eine rauhe Fläche und kräftigen Strich, zündet aber dafür sehr sicher und wird nicht feucht.

Allein trotz aller Verbesserungen, welche die Phosphor-Zündhölzchen im Lauf der Zeit erfuhren, hatten sie sich von einem Vorwurfe nicht frei gemacht, der, wenn auch nicht von dem gesammten, so doch von dem bedächtigeren Theile des Publikums, und zwar nicht mit Unrecht erhoben wurde. Es ist dies der Vorwurf der Giftigkeit des Phosphors, die sowohl in Hinsicht auf die Nachtheile, welche sie für die in den Zündhölzchenfabriken beschäftigten Arbeiter mit sich bringt, als auch im Hinblicke auf die Möglichkeit einer zufälligen oder absichtlichen Vergiftung oder gefährlichen Verwundung beim Gebrauche derselben, in Betracht kommen mußte.

Derartige humanitäre Rücksichten, unterstützt von dem nicht unbegründeten Bedenken gegen die mit der leichten Entzündlichkeit verbundene Feuergefährlichkeit der Phosphorzündhölzchen hatten schon frühzeitig den Impuls zu Bestrebungen gegeben, die sich das Ziel steckten, den Phosphorgehalt der Zündmassen durch nicht giftige oder doch weniger schädliche Substanzen zu ersetzen und ihre Feuergefährlichkeit durch Erschwerung der Entzündbarkeit zu verringern. Zunächst war es Böttger, der schon im Jahre 1848, kurz nach der Entdeckung des nicht giftigen und schwer entzündlichen rothen Phosphors, mit der Erfindung der sogenannten Sicherheitszündhölzchen (auch Gesundheits- oder Antiphosphorhölzchen) hervortrat, deren fabrikmäßige Erzeugung wenige Jahre später (1858) von Fürth in Schüttenhofen (Böhmen), dann auch von Coignet in Paris, Villiers und Dalemagne in Paris, sowie später von Landström zu Jönköping aufgenommen wurde.

Diese neuen Zündhölzchen, um deren Herstellung sich auch (1856) Canouil, dessen Recept später durch Boudeaux

und Paignon verbessert wurde, bemüht hat, charakterisirten sich dadurch, daß sie phosphorfreie Zündmassen besaßen, welche durch Friction nur an einer bestimmten, rothen Phosphor enthaltenden Reibfläche zur Entzündung gebracht werden konnten und somit den Vortheil geringerer Feuergefährlichkeit neben jenem der Unschädlichkeit boten.

Zwar fand anfangs diese Neuerung beim Publikum, das in der Beschränkung auf eine bestimmte Reibfläche eine Unbequemlichkeit erblickte, wenig Anklang, aber zu Ende der sechziger Jahre schwang sich die Erzeugung von Sicherheitszündhölzchen zu einem wichtigen Industriezweige empor, der namentlich in Schweden rasch zu einer solchen Höhe der Entwicklung gelangte, daß der Umsatz einzelner mitteleuropäischer Etablissements, die früher den Weltmarkt fast ausschließlich beherrschten, in Folge der von Schweden aus sich geltend machenden Concurrenz nicht unwesentlich litt. Wie außerordentlich große Dimensionen die Fabrikation von Zündhölzchen in Schweden angenommen hat, geht recht deutlich aus den Mittheilungen hervor, welche der schwedische Special-Katalog der Wiener Weltausstellung über diesen Industriezweig bringt. Dieser Quelle ist zu entnehmen, daß allein die in den Händen einer Actiengesellschaft befindliche, 1845 angelegte Zündhölzchenfabrik zu Jönköping im Jahre 1872 255 Männer, 849 Weiber, 105 Knaben und 141 Mädchen unter 18 Jahren, in Summa 1350 Personen beschäftigte. An Arbeitslohn wurden in demselben Jahre 360,514 Rdr. (à 1 M. 14 Pf.) ausgezahlt. Die Production, die im steten Steigen begriffen war, betrug im Jahre 1872 128,039,745 Stück verschiedener Feuerzeuge, die einen Werth von 1,857,250 Rdr., d. i. über 2 Million Mark hatten. Ungefähr 4/5 der ganzen Production wird nach andern Ländern ausgeführt und giebt es gegenwärtig kaum ein civilisirtes Land, wo nicht die Zündhölzchen von Jönköping (Jönköpings Tändsticfor) bekannt und geschätzt sind.[1] Außer der genannten Fabrik bestanden im Jahre 1873 in Schweden noch 24 andere Zündhölzchenfabriken, welche zusammengenommen ungefähr ebensoviel Arbeiter beschäftigten und ebensoviel producirten als die Jönköpinger Fabrik allein. Außerdem sind noch einige Fabriken angelegt, welche nur Zündhölzchenmaterial aus Eschenholz zubereiten. Die Gesammtausfuhr Schwedens an Zündhölzchen betrug

i. J. 1865 über 2 Million, 1870 gegen 6 Million Pfund und überstig i. J. 1872 12 Million Pfund (schwedisch). Die zu den Zündsätzen erforderlichen Chemikalien, als chlorsaures Kali, chromsaures Kali, Phosphor ꝛc. werden von England bezogen. Niedrige Arbeitslöhne, billige Wasserverfrachtung und Reichthum an vorzüglichem Holze sind wohl die hauptsächlichsten Momente, welche die schwedische Concurrenz auf dem Weltmarkte so schwer bekämpfbar erscheinen lassen. Uebrigens hat Sorgfalt in der Ausführung der Fabrikation gewiß wesentlich mit zum Renomé der schwedischen Zündhölzchenfabriken beigetragen.

Die Zündmasse der schwedischen Sicherheitszündhölzchen ist von Gentele*) untersucht wurden. Er fand in derselben:

Kaliumchlorat	32	Proc.
Kaliumbichromat	12	„
Mennige	32	„
(natürliches) Schwefelantimon	24	„

Gentele verrieb die genannten Substanzen in dem angegebenem Verhältniß sehr innig mit dünnen Gummiwasser (auf 32 Kaliumchlorat 5 bis 10 Gummi), und verdünnte den Teig mit soviel Wasser, daß dieser die zum Eintauchen der Hölzchen vortheilhafte Consistenz besaß. Zuvor mit Paraffin getränkte Hölzchen, welche Gentele mit dieser Zündmasse versah, verhielten sich genau wie das Jönköpinger Fabrikat und zündeten sehr gut an einer Reibfläche, deren Anstrich auf 8 Theile rothen Phosphors 9 Theile Schwefelantimon enthielt. Nach einer neuern Mittheilung**) soll sich eine Mischung von 9 Th. amorphem Phosphor, 7 Th. Schwefelkies (feingesiebt), 3 Th. Glaspulver, 1 Th. Leim oder Gummi und der erforderlichen Menge Wasser als Anstrich zur Herstellung der Reibfläche für die sogenannten schwedischen Zündhölzer bewähren.

Um der schwedischen Concurrenz zu begegnen hat man sich namentlich in Deutschland vielfach bemüht, Zündhölzchen herzustellen, welche des Phosphors gänzlich entbehrten und auch keiner besonders präparirten Reibfläche zur Entzündung bedurften. Lutz und Hochstetter scheinen die ersten gewesen

*) Dingl. polytechn. Journ. Bd. 209, S. 369.
**) Dingl. polytechn. Journ. Bd. 216, S. 93.

zu sein, welche solche Zündhölzchen 1857 in den Handel brachten; Forster und Wawra in Wien hatten dergleichen 1867 in Paris ausgestellt. Als leichtentzündliche Substanzen, welche den Phosphor zu ersetzen vermöchten, wurden empfohlen pikrinsaure Salze, Nitromannit, chlorigsaures Blei ꝛc. C. Liebigs*) Vorschrift zur Herstellung einer phosphorfreien Zündmasse lautete: 3 Theile Schwefelantimon, 16 Th. Kaliumchlorat, 1 Th. Kaliumbichromat, 10 Th. Mennige, 8 Th. Nitromannit, 4 Th. Glas und 5 Th. Gummi. Wiederhold empfahl die Verwendung eines Gemisches von unterschwefligsaurem Blei und chlorsaurem Kali und Kalliwoda und Comp. in Ortenberg in Baden, welche das Wiederhold'sche Princip zur Ausführung brachten lieferten Zündhölzchen, welche vielfach**) sehr günstig beurtheilt wurden. Doch scheint bis jetzt keines dieser Produkte im Stande gewesen zu sein, sich die Gunst des Publikums in ausgedehnterem Maaße und dauernd zu erwerben. Manche derselben fand man zu schwer entzündlich, andre zu theuer, wieder andere verwarf man, weil sie beim Abbrennen, das nicht selten von einer kleinen Explosion begleitet war, Funken sprühten; übrigens dürfte manche der gegebenen Vorschriften bei der Ausführung im Großen wegen der explosiven Eigenschaften der verwendeten Ingredienzien erhebliche Schwierigkeiten verursacht haben.

Der Vorschlag Fleck's, das Natrium, welches durch Berührung mit Wasser zur Entzündung gebracht werden kann, als Zündmittel zu benutzen, ist bereits Bd. V, S. 343 und Bd. VIII, S. 325 besprochen resp. beurtheilt worden.

Endlich mögen hier noch die giftfreien Zündhölzchen von Hochstätter in Langen bei Frankfurt a. M. erwähnt sein, welche ihrem Hersteller auf der Wiener Ausstellung die Fortschrittsmedaille eintrugen. Die Zündmasse derselben enthält rothen Phosphor gemischt mit anderen Substanzen, welche gestatten ihm jeden beliebigen Grad von Entzündlichkeit zu geben; sie zündet daher beim Streichen auf jeder beliebigen Zündfläche. Die Hochstätter'schen Zündhölzchen brennen geräuschlos, ohne zu spritzen, ab, verbreiten keinerlei üblen Geruch, ziehen

*) Polytechn. Centralblatt 1866, S. 1641.
**) Deutsche Industriezeitung 1871, S. 17.

keine Feuchtigkeit aus der Luft an, versagen höchst selten, und sollen billiger herzustellen sein als die gewöhnlichen. —

Hat somit die Chemie das Ihrige gethan, um die Entwicklung des wichtigen Industriezweigs der Zündhölzchenfabrikation fördern zu helfen, so ist andernseits die Mechanik in der gleichen Bestrebung hinter ihr nicht zurückgeblieben, indem sie durch Darbietung geeigneter Werkzeuge und Maschinen die mechanische Arbeit wesentlich erleichterte und förderte. Der zur Herstellung von Holzdraht dienende Weilhöfer'sche Handhobel, die nach verschiedenstem System construirten Spalt- und Hobelmaschinen, der Anton'sche Tunkrahmen, die verschiedenen Steck- und Legemaschinen, Higgins's selbstthätige Maschine zum Tunken der Zündhölzchen, nicht minder die zur Herstellung der Cartonagen und Spanschachteln dienenden Spanhobelmaschinen, Biege- und Stanzmaschinen, die man in größeren Zündhölzchenfabriken arbeiten sieht, legen hiervon hinreichend Zeugniß ab. Dieselben näher zu besprechen dürfte hier nicht der geeignete Ort sein, doch werden die dafür sich Interessirenden in dem erwähnten Berichte Gintl's Anhaltspunkte zu weiterer Orientirung finden können.

Der merkwürdige Einfluß, welchen ein verhältnißmäßig geringer Phosphorgehalt der Metalle auf die Eigenschaften der letzteren ausübt, soll weiter unten bei Besprechung des „Phosphorstahls" und der „Phosphorbronze" ausführlicher erörtert werden.

Die Anwendung der Phosphorsäure in der Pharmacie ist von v. Schrötter*) besprochen worden. Derselbe bezeichnet die Phosphorsäure als ein vorzügliches Mittel, dem Organismus das zur Blutbildung unentbehrliche Eisen zuzuführen. Aus diesem Grunde ist pyrophosphorsaures Eisenoxyd, welches keinen tintenartigen und überhaupt nur einen sehr schwachen Geschmack besitzt, schnell ein beliebtes Arzneimittel geworden. Im Eisensyrup Grimault's, im Löflund'schen Malzextract und im Eisenzucker ist dieses Salz ebenfalls enthalten. Auch als Reagens auf manche Körper, welche dem Arzneischatze angehören, ist die Phosphorsäure wichtig.

*) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. III, S. 242.

Nach Kratschmer und Nowak*) ist sie das vorzüglichste Reagens auf Atropin.

Borsäure.

Von den Soffionen Toscana's hat neuerdings Dr. C. M. Kurtz**) in Stuttgart eine ausführliche Beschreibung geliefert.

Die europäische Borsäure wird bekanntlich fast ausschließlich auf einem Terrain von geringer Ausdehnung des ehemaligen Großherzogthums Toscana in den Provinzen Pisa und Grosseto gewonnen. Dieses Gebiet, in welchem die borsäureführenden Dämpfe — Fumarolen, soffioni — auftreten, ist ein Theil der sogenannten Montagna della Maremma, des Hügel- und Berglandes, welches den Rand der Maremmen bildet. Die Formation im Bereich der Lagoni ist vorherrschend tertiär, arm an Petrefacten; fast im Mittelpunkt der räthselhaften vulkanischen Thätigkeit erheben sich nur einige bedeutendere Liaskuppen. Vielfach sind die tertiären Schichten von einem wahrscheinlich jugendlichen, serpentinartigen Gestein durchbrochen, welches hier Gabbro verde genannt wird. In solcher Umgebung, die großentheils das Prädikat „wild" verdient, treten im Flußbereich der Cecina und Cornia, zweier im Sommer trockenen, im Frühjahr dagegen durch ihre Ueberschwemmungen berüchtigten Flüsse, die Soffioni zu Tage; nur die Soffioni von Travale liegen im Thale des Sajo, eines Baches, welcher durch die Feccia und Merse in den Ombrone geht.

Die Soffioni in der Maremme sind, wie bekannt, größtentheils im Besitz der ehemals französischen Familie Larderel, jetzt Conti de Larderel. Es sind dies die Etablissements zu 1) Larderel, früher Lagoni di Monte-Cerboli; 2) Castelnuovo, genannt Castelnuovo di Val di Cecina, obgleich es am Povone legt; 3) Serrazano, früher Lagoni zolforei oder Bulicami di Leccia; 4) Lustigrano, früher Lagoni rossi wegen des dort gegrabenen Eisenockers genannt; 5) Sasso nebst den kleinen Lagoni von Acquaviva; 6) Monterotondo, früher Lagoni delle

*) Wiener Akad. Ber. II. 69.

**) Polytechn. Centralbl. 1874, S. 1038 u. Dingl. pol. Journ. Bd. 212, S. 493.

Pianacee; 7) Il Lago, aus den Fabriken San Federigo, San Eduardo und la Colladhia bestehend.

Im Besitz des Franzosen Durval ist die große Fabrik Lago am Lago zolforeo di Vecchienna. Unweit derselben liegt die dem Pariser Fabrikanten Clouet gehörige Fabrik Fonte Mortina. Die Lagoni di Travale, auch Lagoni delle Galleraje genannt, gehören der Società anonima Borica Travalese, deren Sitz in Florenz ist. Außerdem existiren noch viele einzelne, verzettelte Soffioni und Lagoni, die aber sehr arm an Borsäure und deshalb unbenutzt sind. Die Fabrikanten haben angenehme Arbeiterverhältnisse und billige Arbeitskräfte. Die Arbeit bei den Soffionen erfordert einige Intelligenz und Muth und ist trotz des sehr bemerkbaren Schwefelwasserstoffes nicht gesundheitsschädlich.

Der Hauptfortschritt in der Borsäureproduction liegt in der allgemeinen Einführung der Bohrlöcher (fori), welche die sogenannten Lagoni coperti immer mehr verdrängen. Diese künstlichen Soffionen machen den Betrieb von der Gestaltung des Terrains unabhängiger, während die Benutzung natürlicher Soffioni oft bedeutende Bauten und Erdarbeiten benöthigt, die auf einem so wenig stabilen Terrain vielen Fährlichkeiten ausgesetzt sind. Gegenwärtig ist der Bohrer auf allen Etablissements so zu sagen unausgesetzt in Thätigkeit. Gebohrt wird mit Menschenkraft, die ersten 10 M. gewöhnlich mittels des Haspels, später, wenn das Gewicht des Gestänges hinreichend groß ist, mittels des Schwengels; das Bohren in dem Soffionen-Terrain ist übrigens nicht so harmlos, wie in einem anderen (kalten) Boden, denn die Hitze unter Tag steigt rasch mit zunehmender Tiefe; es kann deshalb nicht, wie anderswo, zuerst mit Schaufel und Hacke ein Schacht abgetrieben werden, da wegen der Temperatur und des Schwefelwasserstoffes über 5 M. Teufe kein Arbeiter mehr aushält; später wird das Bohrgestänge sehr warm, so daß es kaum mehr direct angefaßt werden kann; erreicht man nun eine selbst unbedeutende Dampfschicht, so hat der Arbeiter am Gestänge keinen beneidenswerthen Posten. Dazu wächst, sowie etwas Dampf im Bohrloch aufzusteigen beginnt, die Gefahr des Nachstürzens von Erde und Gestein sehr stark; die gewöhnlichen Bohrverlegenheiten, Klemmungen u. s. w. sind deshalb nicht gerade selten.

Die Tiefe der Bohrlöcher ist sehr verschieden; oft wird 15 bis 20 M. unter Tag schon ein mächtiger Strahl erbohrt; doch die meisten und ergiebigsten Bohrlöcher sind 50 bis 100 M. tief. Die Bohrlöcher, welche kein Wasser und nur trockenen Dampf führen, der alsdann gewöhnlich arm an Borsäure ist, läßt man entweder in künstlich hergestellten Lagonen gurgeln, oder man benutzt sie nach Lage und Bedürfniß zum Heizen der Pfannen. Es kann dann das dabei resultirende Condensationswasser zum Speisen von Lagonen dienen. Soll ein erbohrter Soffione, welcher neben Dampf auch Wasser fördert, unter die Pfannen geleitet werden, so läßt man die Trennung des Dampfes und des gewöhnlich zerstäubten Wassers in einem allseitig geschlossenen Raume vor sich gehen, der unten durch ein Knierohr das Wasser, oben den Dampf ausläßt. Trotzdem, daß die Soffionen mit Ueberdruck aus der Erde strömen, pflegt man sie nicht zu mechanischer Arbeitsleistung zu verwenden, was seinen Grund darin hat, daß die Dämpfe in einem solchen Falle sich nach Kurzem einen anderen Austrittsort öffnen würden. Nur Bini benutzt auf den Lagoni di Travale Soffionendampf zum Wasserheben, was auf Serrazano nachgeahmt wurde; auf den anderen Etablissements dienen zu diesem Zweck meist Pferdegöpel mit Schöpfrädern (danaïdes, bindoli). Das Wasser, welches viele Soffionen mit zu Tage fördern, pflegt verhältnißmäßig reich an Borsäure zu sein, reicher als Lagonenwasser, in welchem trockenere Soffionen gurgeln. Man sieht es deshalb, und weil während des Sommers auf den Lagoni meist Wassermangel herrscht, gern, wenn die Bohrlöcher Wasser fördern. Doch steht der Gehalt an Borsäure und anderen fixen Bestandtheilen nicht im Verhältniß zur Quantität des Bohrlochwassers. Solche, die wenig Wasser fördern, sind oft am reichsten an Borsäure, andere mit viel Wasser sehr arm daran. Auch bleibt der Gehalt der Bohrloch-Wässer und -Dämpfe an Substanzen nie für längere Zeit constant. Kurtz fand in dem Wasser einiger Bohrlöcher, die nicht große Mengen zu Tage fördern nach dem Abdampfen folgende Bestandtheile pro Liter:

Gesammtrückstand bei 50°C. Grm.	H_3BO_3 Grm.	$(NH_4)_2SO_4$ Grm.	
1) 2,880	1,526	0,078	Ein Bohrlochwasser von Lago Durvals
2) 6,600	5,005	0,284	von S. Federigo
3) 7,250	4,930	0,885	„ S. Foro Carlo
4) 0,936	0,230	0,020	„ Travale.

Frisch erbohrte Soffioni pflegen in den ersten Tagen ihrer Thätigkeit oft auffallend reich an Borsäure zu sein, so daß ihr Wasser schon in den Leitungsröhren krystallisirt, wie z. B. zu S. Federigo und Castelnuovo. Doch ist ein solcher Reichthum nicht nachhaltig, sondern nach einigen Tagen nimmt das Wasser einen geringen, aber constanteren Gehalt an. Die wechselnden Mengen der übrigen fixen Bestandtheile der Soffionen- und Lagonenwässer sind aus den Untersuchungen Schmidt's, Popp's u. A. bekannt.

Die gasförmigen Exhalationen bestehen nach den Analysen von Fouqué und Gorceix, Deville und Leblanc, Bechi u. A. vorwiegend aus Kohlensäure dunklen Ursprungs, geringen Mengen Stickstoff und noch geringeren Mengen von Schwefelwasserstoff. In geringster Menge (wenigstens zu Travale nach den von L. Meyer und Kurtz gemachten Analysen) tritt Ammoniak auf. Es würde dort der Schwefelwasserstoff mindestens 12mal hinreichen, um mit dem Ammon Schwefelammonium zu bilden. Die Thatsache, daß man auch Bittersalz, Glaubersalz, Eisenvitriol rc. im Condensationswasser findet, erklärt sich durch die mechanische Wirkung der Soffionen, welche durch die Bohrlöcher fegen und das Wasser gewöhnlich in feinster Zerstäubung zu Tage fördern. Nicht alle Soffionen enthalten Ammoniak; die unteren Soffionen von Travale z. B. führen nur Spuren davon, während die 100 Schritte oberhalb derselben gelegenen so viel Ammoniak fördern, daß sie auf Düngesalz ausgebeutet werden. Aber auch nicht alle Soffionen enthalten Borsäure. Schon die oberen Lagonen von Travale euthalten sehr wenig davon, die einzelnen zwischen 0,001 und 0,02 Proc. Namentlich die vereinzelten Soffionen, welche fern von einem der Eruptionscentren zu Tage treten, sind gewöhnlich frei von Borsäure.

Bezüglich der Entstehung jener Exhalationen führen die

heutigen toscanischen Autoritäten Meneghini, Tassinari, Becchi u. A. an, daß es nicht gerade nöthig sei, die Quelle des Dampfes und diejenige der Borsäure als identisch zu betrachten. Es könnten sehr wohl früher in der Tiefe durch vulkanische Thätigkeit, ähnlich wie auf der Insel Vulkano, Schichten von Borsäure- und Ammonsalzen abgesetzt worden sein, eine Thätigkeit, die vielleicht heute als solche noch fortdauert, vielleicht aber jetzt nur noch Dampf und Schwefelwasserstoff producirt, welche nunmehr die Borsäure und das Ammoniak zu Tage führen. Welche chemische Reactionen dabei in der Tiefe stattfinden, werden wir wohl nie ergründen. Die Hypothese, zu Folge deren die von den Soffionen exhalirte Borsäure ihre Entstehung der Einwirkung von Wasserdampf auf in der Tiefe in großer Menge abgelagerten Borstickstoff und Schwefelbor verdanken soll, muß mindestens als eine sehr gezwungene bezeichnet werden.

Um die Borsäure der Soffionen so viel als möglich zu gewinnen, läßt man die Dämpfe in sogenannten Lagonen gurgeln, deren Beschreibung in Schwarzenbergs Technologie mit viel Geschick gegeben ist. Was den schließlichen Maximalgehalt der Lagonen an Borsäure anbetrifft, so analysirte Kurtz einige Wässer aus Lagoni di conserva. Er fand in denselben pro Liter:

	Gesammtrückstand Grm.	H_3BO_3 Grm.	$(NH_4)_2SO_4$ Grm.
Castelnuovo	8,566	4,154	1,695
Larderello	6,720	4,032	0,760
Lagoni di Monterotondi			
a) der höchst gelegenen Lagone	2,005	1,100	0,253
b) der tiefst „ „	22,575	19,300	0,587

Dies sind Zahlen, welche bedeutende Differenzen betreffs des Reichthums an Borsäure unter den verschiedenen Etablissements vermuthen lassen.

Die Ursache der Erscheinung, daß das Lagonenwasser in einem und demselben Lagone sich nach einiger Zeit nicht mehr weiter anreichert, pflegt man gewöhnlich in der Temperatur, welche das Wasser in dem Lagone annimmt, zu suchen. Man glaubt, und bis zu einem gewissen Grade gewiß nicht mit Unrecht, daß, wenn das Wasser sich seinem Siedepunkt nähere, d. h. die Temperatur von etwa 70° C. überschritten habe, mit

dem uncondensirten Dampf auch die Borsäure uncondensirt durchgehe. Der Verf. konnte allerdings zu Travale wiederholt die Beobachtung machen, daß je niederer die Temperatur, desto mehr Borsäure absorbirt wird, und daß ca. 65° C. die günstigste Temperatur ist sowohl für die Absorption der Borsäure, als für die der Ammonsalze, soweit sie sich aus Schwefelammonium bilden. Es scheint jedoch, daß außer der Temperatur noch ein Agens vorhanden ist, welches die Absorption der Borsäure bedingt, resp. ausschließt. So führten auch Versuche auf den Lagonen von Travale, eine größere Absorption von Borsäure dadurch zu erzielen, daß man den Soffione durch ein größeres, wagerecht im Lagone liegendes Rohr, in welches viele kleine Löcher gebohrt waren, ausströmen, oder daß man den Soffionendampf durch einen Kokesthurm passiren ließ, zu keinem nennenswerthen Resultat.

Um die Borsäure der Lagonenwässer zu gewinnen, muß man dasselbe abdampfen und auf den Sättigungspunkt (8 Proc.) bringen, damit sie beim Erkalten herauskrystallisire. Dies geschieht in langen Pfannen aus gewalztem Bleiblech, welche in langer Front und mehrere Glieder tief durch darunter circulirenden Soffionendampf geheizt werden. Die Pfannen sind eingedeckt. Der Dampf tritt gewöhnlich an einem der beiden Enden der Pfanne, seltener in der Mitte derselben, durch einen gemauerten Kanal oder ein Rohr ein und am entgegengesetzten Ende wieder aus. Die Pfannensysteme haben eine Neigung von 2 bis 3°; sie sind 80 bis 120 M. lang, 1,64 M. bis 3 M. breit und 0,05 M. tief. Von 60 zu 60 Cm. sind auf der ganzen Länge der Pfannen querüber durch aufgelöthete Bleiblechstreifen Erhöhungen von etwa 5 Cm. Höhe angebracht, welche abwechselnd links und rechts eine kleine Lücke an der Wand frei lassen und so das Wasser nöthigen eine Serpentine zu beschreiben, also einen größeren Weg zurückzulegen. Am unteren Ende der Pfannen befindet sich ein kleines Sammelbassin, in welchem die concentrirte Lösung (l'acqua cotta, gelbgefärbt), sich sammelt, und worin dieselbe auf circa 15° B. gebracht wird, um sodann in die Krystallisationsgebäude geleitet oder gepumpt zu werden.

Auf dem langen Wege, bei der großen Oberfläche, der geringen Höhe des Wassers auf der Pfanne und einer Tem-

peratur von 60 bis 90° C. concentrirt sich die so sehr verdünnte Borsäurelösung, welche das Lagonenwasser darstellt, sehr rasch. Auf einem Pfannensystem von etwa 100 M. Länge verdampfen ca. 100,000 Liter in 24 Stunden. Auf seinem Wege setzt das Wasser den größten Theil seines nicht unbedeutenden Gehaltes an Gyps ab, welcher sich stellenweise sehr fest an das Blei anlegt und von Zeit zu Zeit abgeklopft werden muß. Aus einer Lauge, die viel Magnesia enthält, kann außerdem auf den Pfannen schon ein Theil der Hauptverunreinigung der rohen Borsäure — das ziemlich schwer lösliche Magnesium-Ammoniumsulfat — ausfallen.

Die krystallisationsreife Lauge wird in Bottiche (1 M. hoch und 0,75 Cmt. breit), die innen nicht mit Blei bekleidet sind, vertheilt, worin sie 3 bis 5 Tage lang verweilt. Hierauf stößt man den Zapfen im Boden des Bottiches durch, läßt die Mutterlauge ablaufen, nimmt mit hölzernen Schaufeln die Borsäure aus den Bottichen, bringt sie in Körbe, läßt sie 24 Stunden lang abtropfen (an manchen Orten wird die Mutterlauge abgepreßt) und bringt sie schließlich in die Trockenhäuser, deren Boden auch mit Soffionendampf erwärmt wird. Nach 24 Stunden ist sie lufttrocken und zum Versandt nach den Magazinen geeignet.

Die Mutterlauge wird wieder auf die Pfannen zurückgegeben, oder, wenn sie sehr viel fremde Salze enthält, in das Klärbassin oder in die Lagonen gegossen. An Orten wie Sasso und Castelnuovo, wo in den Bottichen statt Borsäure hier und da die schönsten Krystallisationen von dem oben erwähnten Doppelsulfat auftreten, macht man häufig kurzen Proceß und läßt die Mutterlauge in den Povone oder sonst wohin laufen.

Ein schwacher Punkt der heutigen Borsäure-Industrie sind namentlich diese Mutterlaugensalze, welche entweder vollständig in die rohe Borsäure wandern oder weggeworfen werden, statt daß man eine reinere Borsäure und nebenher ein Düngesalz zu erzielen sucht.

Daß dies möglich ist, haben Versuche zu Travale gelehrt. Allein es liegt den Producenten wenig daran, reinere Borsäure zu liefern, da die Nachfrage ohnedies viel größer ist, als das Angebot.

Durval's Borsäure geht contractlich an die Firma

Mac Bean nach Livorno, die Larderel's ebendahin an die Firma Lloyd. Die Fabrik Clouet's, welche nur mit künstlichen Soffionen arbeitet, steht gegenwärtig still, da ihre Bohrlöcher fast plötzlich aufhörten Wasser und Dampf zu fördern.

Ueber das sonstige Vorkommen der Borsäure und ihrer Salze liefert F. Tiemann ein ausführliches Referat im amtlichen Bericht über die Wiener Weltausstellung. Nach Erwähnung des unter dem Namen „Tincal" bekannten, hauptsächlich von Thibet, von der Insel Ceylon und aus dem californischen Clear-Lake oder Borax-Lake stammenden, natürlichen Borax ($Na_2B_4O_7 + 10\,H_2O$) ist das Vorkommen des Boronatrocalcit's eingehender besprochen. Große Lager dieses Minerals befinden sich in Chile und Peru in unmittelbarer Nähe des bekannten Natronsalpeterfeldes (Bd. XI, S. 311), bei Windsor auf Clifton in Neuschottland, an der Westküste von Afrika, in Californien und in Nevada. Besonders über das Vorkommen des Boronatrocalcits in Nevada bringt der genannte Bericht eine von O. Löw zunächst für commercielle Zwecke abgefaßte, sehr ausführliche Beschreibung. Indem wir bezüglich derselben auf das Original verweisen, sei nur bemerkt, daß Kraut für den Boronatrocalcit die etwas complicirte Formel $2(CaNaB_5O_9) + 15\,H_2O$ aufgestellt hat, während die Analysen Rammelsberg's zu der Formel $Na_2B_4O_7 + 2CaB_4O_7 + 18\,H_2O$ geführt haben. Tiemann bestätigt die Richtigkeit der Rammelsberg'schen Formel. Hiernach wäre der Boronatrocalcit als ein Borax mit verändertem Wassergehalt anzusprechen, in welchem $^2/_3$ des Natrium's durch Calcium ersetzt sind. Die Abweichungen in den Angaben über die Zusammensetzung des Boronatrocalcits erklären sich leicht aus dem Umstande, daß dieses in Form von Knollen auftretende Mineral fast durchgängig Einschlüsse von Kochsalz, Natrium- und Calciumsulfat mit sich führt, und daß dasselbe unter dauernder Einwirkung des Wassers, insbesondere heißen Wassers eine Spaltung in sich lösenden Borax und in rückständig bleibendes borsaures Calcium erfährt. Man findet daher den Boronatrocalcit bisweilen auf seiner Lagerstätte schon theilweise umgewandelt in Calciumborat. Unter den so von der Natur gebildeten Calciumboraten hat man zwei besondere Mineralien

unterschieden, nämlich den Rhodizit = $CaB_2O_4 + 2\,H_2O$ und den Hayesin oder Hydroborocalcit $CaB_4O_7 + 6H_2O$, doch sind diese Namen auch auf noch Natriumborat enthaltende Mineralien von verschiedenem Fundort übertragen worden; so bezeichnet man das natriumhaltige afrikanische Produkt als Rhodizit. Tinkalcit ist ebenfalls ein Natrium und Calcium enthaltendes Borat. —

Der Boronatrocalcit selbst scheint durch Einwirkung von Gyps auf Borax entstanden zu sein und mag die Umwandlung, die der letztere hierbei erfuhr, auf verschiedenen Lagerstätten verschieden weit vorgeschritten sein.

Die Verunreinigung des Boronatrocalcits durch die genannten Begleiter (Kochsalz, Gyps, Natriumsulfat) und der in Folge dessen sehr schwankende Gehalt des rohen Produkts an reinem Borat (10—37 Proc. in Rohmaterial von Nevada) erschwert die technische Verwerthung desselben in hohem Grade. Eine von Lunge empfohlene Methode der Verarbeitung des Boronatrocalcits (Auflösen in heißer Salzsäure, Auskrystallisirenlassen der freigemachten Borsäure und Ueberführen der letzteren in Borax durch Schmelzen mit Soda) ist hier schon früher (Bd. III, S. 325) beschrieben worden. Neuerdings hat O. Löw*) es für vortheilhafter gefunden, den Boronatrocalcit durch unmittelbare Behandlung mit Soda direct in Borax überzuführen. Die Wechselwirkung zwischen dem in Boronatrocalcit enthaltenen Calciumborat und der Soda, welche sich unter Bildung vom Calciumcarbonat und Borax vollzieht, soll schon bei einer weit unter dem Siedepunkt des Wassers liegenden Temperatur von Statten gehen und in kurzer Zeit zu Ende kommen. Löw verfährt dabei wie folgt:

In zwei Kufen, welche so stehen, daß man deren Inhalt in einen Kessel ablaufen lassen kann, werden je 2000 Pfd. heißes Wasser und 350 Pfd. Soda gebracht, worauf man 1000 Pfd. rohen Boronatrocalcit einträgt und bei etwa 60° 15 Minuten lang gut durchrührt. Die nach Verlauf eines Tages genügend geklärte Flüssigkeit zieht man in den Kessel ab und agitirt, nachdem man 2000 Pfd. heißes Wasser, 700 Pfd. Soda und 2000 Pfd. Boronatrocalcit hinzugefügt hat

---

*) Amtl. Ber. über die Wiener Weltausst. Bd. III, S. 338.

und die Temperatur der Flüssigkeit auf 60° gestiegen ist, das Ganze in der soeben beschriebenen Weise nochmals 1/4 Stunde lang. Man läßt gut absetzen und bringt die klare Lauge in die Krystallisationsgefäße, in welchen bei 30 bis 32° der Borax zu krystallisiren anfängt. Nach etwa 3 bis 4 Tagen hat sich die ganze Menge dieses Salzes, welche bei der jeweilig herrschenden Temperatur zu krystallisiren vermag, abgeschieden; man trennt dann die Mutterlauge von den Krystallen und verwendet die erstere bei den folgenden Operationen statt des Wassers. Es empfiehlt sich jedoch, die obigen Verhältnisse in diesem Falle etwas abzuändern. Man versetzt am besten 4000 Pfd. auf 60° erwärmte Mutterlauge mit 850 Pfd. Soda und 2500 Pfd. Rohmaterial und verfährt im Uebrigen genau wie oben. Die Mutterlauge soll nicht mehr als viermal wieder benutzt werden, da dieselbe sich bald mit fremden Salzen und namentlich Glaubersalz sättigt, wodurch ihr Lösungsvermögen für Borax bedeutend verringert wird. Man trennt derartig mit fremden Salzen übersättigte Mutterlaugen, sobald die Temperatur derselben auf 33° gesunken ist, von eventuell ausgeschiedenen Boraxkrystallen und läßt zunächst das bei weiterem Erkalten krystallisirende Glaubersalz sich ausscheiden. Man kann die Flüssigkeit alsdann entweder bei weiteren Operationen wieder an Stelle des Wassers benutzen oder durch Abdampfen daraus neue Mengen von Borax gewinnen. Sollten Glaubersalz und Borax einmal zusammen krystallisiren, so erwärmt man das feuchte Gemisch beider auf 33 bis 35° wodurch das Glaubersalz, welches bei dieser Temperatur in größter Menge vom Wasser aufgenommen wird, sich in der geringen Menge in dem Gemisch mechanisch eingeschlossenen Wassers auflöst und vom zurückbleibenden Borax abgegossen werden kann. Beim nachherigen Raffiniren bleibt der Rest des Glaubersalzes in der Mutterlauge zurück. Das Raffiniren selbst besteht in einem einfachen Umkrystallisiren aus möglichst wenig heißem Wasser, welchem man 5 Proc. Soda hinzugesetzt hat, nur muß man dabei, will man große und schöne Krystalle erzielen, für möglichste Ruhe und langsame Abkühlung Sorge tragen.

Man erkennt, daß bei der Löw'schen Methode der Boraxgewinnung namentlich ein Gehalt des Boronatrocalcits an

Gyps nachtheilig wirken muß, da dieser eine äquivalente Menge Soda unter Bildung werthlosen Natriumsulfats zersetzen muß. Nach Tiemann (a. a. O.) berechtigt das Auffinden so bedeutender Boronatrocalcitlager wie diejenigen in Nevada, in Chile 2c. entschieden zu der Erwartung, daß der toscanischen Borsäureindustrie in Bälde eine in der That heilsame Concurrenz gemacht werde. Den Grund, daß dies nicht schon früher geschehen ist, hat man in dem sehr wechselnden Gehalt der Boronatrocalcite an Borsäure und in dem Umstande zu suchen, daß der größte Theil der geförderten Boronatrocalcite zur weiteren Verarbeitung nach Europa geschafft werden mußte. Wie aus dem Berichte O. Löw's hervorgeht, fängt man jedoch an, den Borax mit Vortheil an Ort und Stelle zu produciren, und wenn die dortigen Fabrikeinrichtungen auch noch äußerst primitiv und verbesserungsfähig sind, so darf man doch die Hoffnung hegen, daß die Industrie sich bald in wirksamerer Weise der erwähnten Produkte bemächtigen werde.

Einige andere Borsäure enthaltende Mineralien, wie der Datolith, Axinit 2c. sind für die Technik ganz ohne Bedeutung und ebenso sind die tesseralkrystallisirten Boracite ($2Mg_3B_8O_{15} + MgCl_2$) im Gyps und Anhydrit von Lüneburg und Seegeberg, so wie der gleich zusammengesetzte, aber amorph oder kryptokrystallinisch auftretende Staßfurtit aus dem Staßfurter Salzlager nur von sehr untergeordneter praktischer Wichtigkeit, da sie in zu geringer Menge angetroffen werden. Man hat aus dem Staßfurtit Borsäure gewonnen, aber nach Krause*) betrug das im letzten Decennium (1865—1874) von dem Staßfurter Steinsalzbergwerke geförderte Gesammtquantum an Staßfurtit nur 3100 Centner, die durchschnittliche Jahresproduktion beträgt also nur etwa 310 Centner und in Leopoldshall wurden seit dem Bestehen des Werks bis Ende 1874 überhaupt nur 207 Centner gefördert.

Solange aber der Staßfurtit nicht in größeren Mengen angetroffen wird, kann sich ein wichtiger Industriezweig aus seiner Verarbeitung nicht entwickeln, wir begnügen uns daher bezüglich weiterer Notizen über dieselbe auf die von Krause**) gebrachten Mittheilungen zu verweisen.

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 217, S. 331.
**) Berg- u. Hüttenmännische Zeitung 1875, S. 203, 285.

Die freie Borsäure dient hauptsächlich zur Herstellung verschiedener, in der Technik verwendbarer Borate, insbesondere des Borax.

Daß sie unter dem Namen „Aseptin“ als Conservirungsmittel für Fleisch und Milch mit Erfolg verwendet worden ist, wurde schon früher (Bd. IX, S. 257) erwähnt. Neuerdings berichtet Schiff*) in Florenz über Versuche welche A. Herzen daselbst in dieser Richtung vorgenommen hat. Herzen benutzt rohe Borsäure, welche durch Zusatz von Borax (wohl in Folge Bildung eines sehr sauren Salzes) in Wasser löslicher gemacht wird. Die Wirkung dieser Lösung wird durch Zusatz von etwas Kochsalz und Salpeter erhöht und hierdurch namentlich die Erhaltung des frischen Aussehens des Fleisches befördert. Das Fleisch behält sein natürliches Ansehen, zeigt keine Spur von Fäulniß und läßt selbst bei mikroskopischer Prüfung keine Veränderung erkennen. Der letzte Rest einer größeren Menge, welche in Kisten und Blechbüchsen ohne weitere besondere Vorsicht verpackt, zwei tropische Reisen durchgemacht hatte, war nach etwa einem Jahr noch genießbar. Nach vielfach gewonnener Einsicht in das Herzen'sche Verfahren und die damit erzielten Resultate, hält Schiff die in volkswirthschaftlicher und chemischer Beziehung so interessante Frage der Conservirung rohen Fleisches für eine in ihrer Grundlage gelöste. Es hat sich in Florenz bereits eine Gesellschaft gebildet, um nach diesem mehrfach patentirten Verfahren conservirtes Fleisch aus Südamerika und aus Rußland einzuführen.

Auch Lindemann**) in Manchester hat sich für England die Anwendung von Borsäure und deren Verbindungen zum Conserviren organischer Stoffe patentiren lassen. Er will Fleisch durch Einspritzen einer gesättigten Lösung von Borsäure in kaltem Wasser (1 Theil Säure in ca. 26 Theilen Wasser) und Ueberstreuen mit gepulverter Borsäure conserviren, Leichen durch Injection gesättigter Lösung von Borsäure in Benzol, Zeugstoffe durch Eintauchen in eine gesättigte Lösung von Borsäure in schwefelsaurer Magnesia oder in eine Appreturmasse, die 1 Proc. borsaures Zinkoxyd enthält.

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, S. 822.
**) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 36.

Hierzu bemerkt nun Dr. E. Jacobson in seinem chem.-tech. Rep., daß die Löslichkeit der Borsäure in Benzol ihm neu gewesen, es ihm aber nicht gelungen sei, in Steinkohlenbenzin nachweisbare Mengen von (vorher entwässerter) Borsäure aufzulösen. Dagegen konnte Borsäure in fettem Oel (Provenceröl), in schmelzendem Colophonium und in erhitztem Copaivabalsam in nicht unerheblichen Mengen zur Lösung gebracht werden. Die heiß gesättigte Lösung in Copaivabalsam trübte sich etwas beim Erkalten, aber mit absolutem Alkohol gemischt, gab sie eine fast klare Lösung, aus der sich Borsäure nicht abschied. Die Löslichkeit der Borsäure in Harzen und fettem Oel steht wahrscheinlich in irgend einer Beziehung zu der Angabe von A. Morell, nach welcher ein Zusatz von Borsäure zu einem Weingeistfirniß letztern befähigen soll, auf Metall eine sehr harte und fest haftende Schicht zu geben. Die fragliche Lösung von Borsäure in Benzol dürfte aber besser durch eine Lösung von Borsäure in flüssigem Harz (Copaivabalsam, Storax ꝛc.) vielleicht auch durch eine spirituös-harzige Lösung für die Zwecke der Conservirung von Cadavern ersetzt werden.

Bekannt ist die Anwendung des Borax zum Löthen, zur Herstellung von Gläsern und Glasflüssen verschiedenster Art, als Emailen, Glasurmassen, Schmelzfarben ꝛc. Auf der alkalischen Reaction, welche der wässrigen Boraxlösung eigenthümlich ist, beruht die Verwendung derselben in der Färberei zum Lösen von Farbstoffen die eine schwach alkalische Flüssigkeit als Lösungsmittel bedürfen. Dieselbe Eigenschaft gestattet die Verwendung des Borax statt der Seife. Wunder hatte kürzlich Gelegenheit sich zu überzeugen, daß ein im Handel befindliches Waschpulver, welches bei ziemlich hohem Preise befriedigte Abnehmer findet, aus gepulvertem Borax bestand. In Belgien soll die Anwendung von Borax beim Waschen, um Ersparnisse an Seife zu erzielen, eine sehr allgemeine sein. Uebrigens wird Borax vielfach im Dienste der Wissenschaft in den chemischen Laboratorien, ferner bei der Fabrikation verschiedener, technisch wichtiger Präparate consumirt, so bei der Gewinnung des Guignet'schen Grüns, welches bekanntlich ein noch etwas Borsäure enthaltendes Chromoxydhydrat ist. Das Manganborat dient als Siccativ für Firnisse.

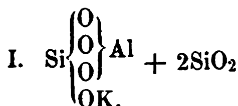
Poussier*) hat sich in Frankreich ein Verfahren patentiren lassen, die Borate verschiedener Metalle, so des Chroms, Kupfers, Zinks, Bleis, Wismuths ꝛc. durch Behandeln der Chloride oder Nitrate derselben mit natürlichem Calciumborat bei 80—100⁰ C. darzustellen. Diese Borate sollen theils als Oelfarbe, theils in der Porzellanmalerei, theils zur Herstellung mehr oder weniger schmelzbarer Glasuren Verwendung finden.

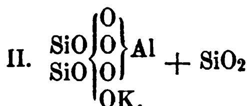
Silicium.

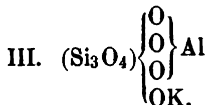
Silikate. — Von verschiedenen Seiten ist in letzter Zeit darauf hingewiesen worden, daß über den Eifer mit welchem man sich neuerdings dem Studium der organischen Chemie zugewendet hat, daß Interesse einigermaßen in den Hintergrund gedrängt worden ist, welches die anorganische Chemie in Anspruch zu nehmen berechtigt erscheint. Insbesondere beklagen sich die Mineralogen über die Zurückhaltung, welche die Chemiker da an den Tag legen, wo es gilt, die beim Studium der organischen Chemie gewonnenen Theorien auf die Mineralchemie zu übertragen. In der That offenbart sich ein überraschender Contrast, wenn man neben den systematisch geordneten Reihen der Kohlenstoffverbindungen das wirre Formelheer der Siliciumverbindungen überblickt. Es thut sich hierbei zweifellos kund, daß man die Untersuchung der Mineralkörper auf ihre Constitution vernachlässigt hat. Kolbe**) beleuchtet dies näher, indem er beispielsweise nach der Constitution des Kalifeldspath's fragt. Die Berzelius'sche Auffassung, zu Folge derer man denselben als ein dem entwässerten Alaun analog constituirtes Doppelsalz von neutraler kieselsaurer Thonerde mit neutralem kieselsaurem Kali betrachtete, ist unhaltbar geworden, seitdem man das Silicium als vierwerthiges Element erkannt hat und dem Kieselsäureanhydrid die Formel SiO_2 zuschreibt. Kolbe stellt nun mehrere Formeln auf, welche der procentischen Zusammensetzung des Feldspaths und zugleich den neueren Ansichten über die Valenz und die Atomgewichte der elementaren Bestandtheile desselben entsprechen würden; unter anderen folgende:

---

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1873, S. 1138.
**) Journal f. prakt. Chem. N. F., Bd. I. S. 1.







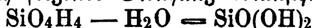
Zu Folge der Formel I würde der Feldspath als eine Kieselsäureverbindung eines von dem Kieselsäurehydrat $Si(OH)_4$ sich ableitenden Silikats SiO_4AlK aufzufassen sein, während ihn Formel II als die Kieselsäureverbindung eines von dem Hydrat $SiO(OH_2)$ abzuleitenden Silikats $(SiO)_2O_4AlK$ darstellen würde; und nach Formel III wäre in ihm das neutrale Silikat einer vierwerthigen Kieselsäure $Si_3O_4(OH_4)$ zu erblicken. Kolbe bemerkt hierzu:

„Welche von jenen isomeren Verbindungen, deren Zahl sich noch vermehren läßt, Feldspath ist, und ob überhaupt eine jener Formeln die rationelle Zusammensetzung dieses Minerals richtig interpretirt, ist eine Frage, worüber sich deshalb nicht diskutiren läßt, weil es uns bis jetzt an den erforderlichen experimentellen Unterlagen noch gänzlich gebricht. .... Die künftige Aufgabe der Mineralchemiker ist deshalb nicht, die Mineralien blos zu analysiren und ihre empirische Zusammensetzung festzustellen, noch auch aus der empirischen Zusammensetzung rationelle Formeln empirisch zu construiren, sondern für die chemischen Mineralverbindungen neue Untersuchungsmethoden zu schaffen und aus deren Ergebnissen die Argumente zur Beurtheilung der chemischen Constitution zu schöpfen."

Die Beschaffung neuer Untersuchungsmethoden erscheint um so mehr erforderlich, als ein großer Theil der Hülfsmittel, durch welche das Studium der organischen Chemiker sehr wesentlich gefördert wurde — z. B. die Ermittlung des Molekulargewichts mit Hülfe der Dampfdichtebestimmung, die Trennung verschiedener Verbindungen durch Destillation ꝛc. — bei der Untersuchung mineralischer Körper nicht in Anwendung gebracht werden kann. Leider hat indessen die Wissenschaft eine Bereicherung durch eine derartige neue Untersuchungsme=

thode in neuester Zeit nicht zu verzeichnen gehabt; was bezüglich der Formulirung der Siliciumverbindungen, insbesondere der Silikate geliefert worden ist, beschränkt sich daher im Wesentlichen auf eine schematische Zusammenstellung der früher gewonnenen empirischen Formeln und auf Vermuthungsäußerungen über die Constitution, denen jedoch die nöthige experimentelle Begründung fehlt, die sogar vielfach ganz und gar willkürlich erscheinen.

Bei der vierwerthigen Natur des Siliciums, und bei der nachgewiesenen Existenz der Verbindungen $SiCl_4$ (Chlorsilicium), $SiHCl_3$ (Siliciumchloroform), SiO,H,OH (Siliciumameisensäure) rc. liegt es nahe die Existenz eines Kieselsäurehydrates $Si(O_4H_4)$ vorauszusetzen, das man in der That in der wässrigen Lösung die Kieselsäure als vorhanden annimmt. Es ist indessen nicht gelungen, dieses Hydrat zu isoliren, da die beim Concentriren einer Kieselsäurelösung sich ausscheidende Gallerte nach dem Trocknen entsprechend der Formel $SiO(OH)_2$ zusammengesetzt erscheint, welche Verbindung als erstes Anhydrit des hypothetischen Hydrats angesprochen werden kann, da sich ihre Entstehung durch folgende Gleichung veranschaulichen läßt:



$$SiO_4H_4 - H_2O = SiO(OH)_2$$

Ließen sich alle Silikate von dem Hydrat $Si(O_4H_4)$ oder dessen erstem Anhydrit $SiO(OH)_2 = SiO_3H_2$ durch Substituirung des Wasserstoffs mittelst Metall ableiten, so böte die Formulirung der Silikate keine Schwierigkeiten. Es giebt aber außerordentlich viele Silikate, welche sich einer solchen Ableitung nicht fügen. Daher hat Wurtz die Existenz einer großen Anzahl von sogenannten Polykieselsäuren angenommen, die er sich durch Vereinigung von mehreren Molekülen des Hydrats SiO_4H_4 unter Elimination von Wasser entstanden denkt. Die Zusammensetzung dieser Polykieselsäuren würde sich durch die allgemeine Formel $mSiO_4H_4 - nH_2O$ ausdrücken lassen. Es ist natürlich sehr einfach, für jedes natürliche Silikat die entsprechende Kieselsäure zu construiren, wenn man für m und n jede beliebige ganze Zahl setzen darf. Um z. B. zu der dem Kalifeldspath entsprechenden Kieselsäure zu gelangen, würde man $m = 3$, $n = 4$ zu setzen haben und die Säure $Si_3O_{12}H_{12} - 4OH_2 = Si_3O_8H_4$ erhalten, welche das Silikat $Si_3O_8\left\{\begin{matrix}Al\\K\end{matrix}\right.$

liefern kann; oder zieht man für den Feldspath die Formel $Si_6O_{16}\begin{cases}Al_2\\K_2\end{cases}$ vor, so würde man in der obigen allgemeinen Formel m = 6, n = 8 zu setzen haben und erhalten: $Si_6O_{24}H_{24} - 8H_2O = Si_6O_{16}H_8$ als die dem Feldspath entsprechende Säure. Mit Hülfe dieses Schema's kann man aber für alle nur denkbaren Silikate, für die existirenden sowohl, wie für nicht existirende und wahrscheinlich auch nicht existenzfähige, eine Ableitung gewinnen und ist damit offenbar wenig gewonnen, zumal da die angenommenen Polykieselsäuren in Wirklichkeit nicht bekannt sind. Auch K. Haushofer*) und V. Wartha**) haben sich neuerdings um die Formulirung der Silikate bemüht, allein es ist zur Begründung der von ihnen aufgestellten Formeln wohl kaum mehr anzuführen, als daß sie mit den bis jetzt beobachteten Thatsachen nicht in Widerspruch stehen. Dasselbe würde aber von vielen anderen Formeln, die man aufstellen könnte, ebenfalls behauptet werden können; wir haben daher zur Zeit noch keine Veranlassung auf die verschiedenen, für die Silikate construirten Formeln hier näher einzugehen. —

Kieselflußsäure. Bezüglich der Darstellung der Kieselflußsäure bringt Stolba***) einige Mittheilungen. Bekanntlich stellt man sich dieselbe allgemein durch Einleiten von Fluorsiliciumgas in Wasser dar, wobei ihre Bildung unter Abscheidung gallertartiger Kieselsäure entsprechend folgender Gleichung statt hat:



$$3SiF_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 2SiF_6H_2.$$

Nach Stolba empfiehlt es sich, das Fluorsilicium durch heißes Wasser von etwa 60—70° C. an Stelle des allgemein angewendeten kalten Wassers, absorbiren zu lassen, da heißes Wasser die abgeschiedene Kieselsäure besser benetzt und das Gas viel leichter absorbirt. Weiter macht Stolba darauf aufmerksam, daß die Kieselflußsäure einen Gehalt an Fluorarsen erlangt, wenn man zum Entwickeln des Flurosiliciums arsenhaltige Schwefelsäure verwendet, und daß man daher oft sehr

*) Liebig's Ann. d. Chem. Bd. 169, S. 131.
**) Liebig's Ann. d. Chem. Bd. 170, S. 330.
***) Wagners Jahresbericht 1875, S. 465.

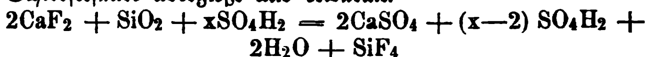
bedeutende Mengen von Schwefelarsen sich abscheiden sieht, wenn man die auf gewöhnliche Weise bereitete Kieselflußsäure mit Schwefelwasserstoff behandelt. Da die Kieselflußsäure durch Erhitzen von überschüssigem Schwefelwasserstoff leicht befreit werden kann, so gewährt derselbe ein bequemes Mittel einen etwaigen Arsengehalt der Kieselflußsäure zu beseitigen.

Bekanntlich werden Glasgefäße, in denen die Kieselflußsäure aufbewahrt wird, mit der Zeit stark angegriffen, sie werden im Innern matt und geätzt, wobei auf Kosten der Glassubstanz Kieselfluormetalle gebildet werden, von denen ein Theil in Lösung bleibt. Außerdem scheidet selbst eine vollkommen klar filtrirte Säure mit der Zeit Kieselerde ab. Eine so verunreinigte Säure kann ohne Weiteres zu manchen Zwecken nicht verwendet werden, weshalb manche Chemiker zur Verhütung solcher Verunreinigungen die Säure in Gefäßen von Kautschuk oder Guttapercha aufzubewahren pflegen. Man kann jedoch nach Stolba namentlich für analytische Zwecke die Kieselflußsäure auch in Glas aufbewahren, ohne daß dieses im Mindesten angegriffen wird, wenn man der (zweckmäßig hochgrädigen) Säure das halbe Volumen starken Weingeistes zusetzt, 24 Stunden stehen läßt und dann filtrirt. Es scheidet sich nämlich binnen dieser Zeit Kieselsäure aus, welche sonst unter Umständen Anlaß zu Täuschungen geben könnte. Dieses Gemisch von Weingeist und Kieselflußsäure greift das Glas nicht an. Offenbar ist es die Unlöslichkeit der Kieselfluorverbindungen der Alkalimetalle in Weingeist, welche das Glas vor der Einwirkung der Säure schützt. Die so vorbereitete Säure eignet sich nicht nur zu quantitativen Bestimmungen, sondern auch als Reagens auf Alkalimetalle ganz besonders. Denn wenngleich sowohl die Salze des Kaliums (Rubidiums, Caesiums) als auch jene des Natriums unter entsprechenden Bedingungen durch Kieselflußsäure gefällt werden, so bietet doch das Mikroskop, eventuell auch das Spectroskop ein Mittel dar, die Natur der Fällung zu bestimmen. So kann man insbesondere durch mikroskopische Beobachtung des Niederschlages an den stets in hexagonalen Formen auftretenden Krystallen des Kieselfluornatriums die Anwesenheit des Natriums, an dem scheinbar amorphen Niederschlage des Kieselfluorkaliums das Kalium in der geprüften Lösung nachweisen, und wo ein Zweifel wegen

der Anwesenheit der seltenen Metalle, Rubidium, Caesium, besteht, zum Spectralapparat seine Zuflucht nehmen.

Wie empfindlich die Reaction ist und daß man in vielen Fällen die zu prüfende Lösung durch Eindampfen nicht zu concentriren braucht, dürfte beispielsweise die Angabe erweisen, daß Stolba die gleichzeitige Anwesenheit des Natriums und Kaliums in 10 Kubikcentim. Prager Brunnenwassers nachweisen konnte, als dieses mit etwa dem gleichen Volum geistiger Kieselflußsäure und eben soviel Alkohol versetzt und der Niederschlag nach 4 Stunden mikroskopisch untersucht wurde.

Die Eigenschaft der Kieselflußsäure, mit den Alkalien äußerst schwerlösliche Salze zu bilden (während sie mit Magnesia ein leicht lösliches Salz giebt) hat längst den Wunsch erregt, sie zu technischen Zwecken zu verwenden und man hat sich daher vielfach bemüht sie im Großen, fabrikmäßig zu gewinnen. Allein hierbei stieß man auf Schwierigkeiten. Im Laboratorium stellt man sich das zur Bereitung der Kieselflußsäure erforderliche Fluorsilicium bekanntlich ganz allgemein dadurch her, daß man ein inniges Gemenge von Flußspath und Kieselsäure oder einem Silikat mit überschüssiger concentrirter Schwefelsäure übergießt und erwärmt.



$$2CaF_2 + SiO_2 + xSO_4H_2 = 2CaSO_4 + (x-2)\,SO_4H_2 + 2H_2O + SiF_4$$

Allein die Ausführung dieser Operation im Großen bietet Schwierigkeiten und es gebührt Tessié du Motay in Metz das Verdienst zuerst die fabrikmäßige Darstellung des Fluorsilicium's und somit auch die der Kieselflußsäure dadurch ermöglicht zu haben, daß er ein Gemenge von Kieselsäure, Flußspath und Kohle erhitzte. Hierbei wirkte die Kohle reducirend auf einen Theil der Kieselsäure und unter gleichzeitiger Entbindung von Kohlenoxydgas wurden etwa 60 Proc. des im Flußspath enthaltenen Fluors in Form von Fluorsilicium gewonnen.

R. Biedermann hat in dem amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung die fabrikmäßige Darstellung der Kieselflußsäure und ihre Verwendung in der Technik ausführlich besprochen. Seinen Mittheilungen sei Folgendes entnommen:

Im Großen führt Tessié du Motay die Operation in der Weise aus, daß Flußspath, Kieselerde und Thon in

solchen Proportionen miteinander vermischt werden, daß Fluorsilicium und Schlacken, welche den Hochofenschlacken ähnlich sind, entstehen können. Das gepulverte Gemenge wird mit einer hinreichenden Menge Kohle vermischt und mit Wasser befeuchtet. Die Masse wird dann zu Ziegeln geformt, welche nach dem Trocknen mit einer gewissen Mengen Coke in Schachtöfen von 10 bis 12 Cmt. Höhe geworfen werden; dieselben sind schon mit glühenden Coke angefüllt. Die Praxis ist dieselbe wie beim Eisenhochofen. Indem die Charge niederschmilzt, entwickeln sich reichliche Mengen Fluorsiliciumsgas. Die Schlacke, welche man erhält, besteht hauptsächlich aus Calciumsilikat, enthält aber immer noch 15 bis 20 Proc. des angewendeten Flußspaths. Die Gase, welche außer aus Fluorsilicium noch aus Stickstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure bestehen, werden in einem Apparat gesammelt, der sich über der Gicht befindet, und von hier aus in große hölzerne Condensationsgefäße geleitet. In diesen sind geneigte Glasplatten aufgestellt, welche beständig von Wasser bespült werden. Das Gas passirt die schmalen Zwischenräume, welche die Scheiben von einander trennen, und zersetzt sich in Berührung mit dem Wasser. Die Kieselsäure lagert sich am Boden des Gefäßes ab. Die Kieselflußsäure wird gelöst. Von dem letzten der vorhandenen fünf Condensationsgefäße wird die Flüssigkeit auf die Glasscheiben der vorletzten gebracht und so weiter, sodaß durch diese methodische Circulation eine möglichst concentrirte Säure erhalten wird. Ein Rührapparat, der sich mit großer Geschwindigkeit bewegt und das Wasser in Tröpfchen zertheilt, wird die Zersetzung erleichtern und mit Vortheil die Glasplatten ersetzen. Es ist nicht wohl möglich, eine Säure von größerer Dichtigkeit als 10° B. darzustellen; für die technische Verwendung begnügt man sich mit einer Säure von 5° B. Eine Säure von 10° B. oder 1,072 Vol.-Gew. enthält nach Stolba*) nahezu 9 Proc. 2HF, SiF_4; eine solche von 5° B. oder 1,034 Vol.-Gew. 4,3 Proc. 2HF, SiF_4. 100 Liter einer solchen Säure sind 9 Kgr. Kammerschwefelsäure äquivalent. Da ihr Herstellungspreis mindestens 2 Francs beträgt und derjenige

*) Journal f. prakt. Chemie, Bd. 89, S. 129 u. Bd. 90, S. 193.

**) Balard, Rapports du Jury international; Paris 1868, t. VII, p. 136.

der Schwefelsäure sich auf ungefähr 50 Cent. beläuft, so leuchtet es ein, daß die Kieselflußsäure, da sie viermal theurer als Schwefelsäure ist, niemals wegen ihrer Eigenschaft als Säure im Allgemeinen Verwendung finden kann, sondern nur wegen ihrer besonderen Eigenschaften.

Tessié du Motay hatte sich zur Ausbeutung seiner Entdeckung mit dem Fabrikbesitzer E. Karcher in Saarbrücken verbunden. Beide associirten sich noch mit anderen Industriellen, und nachdem Ferd. Bothe den Proceß einer sorgfältigen wissenschaftlichen Prüfung und Durcharbeitung unterzogen hatte, wurde eine Fabrik in der Nähe von Saargemünd, bei Großblittersdorf-Welferdingen an der Saar errichtet, in welcher nach der eben angegebenen Methode bis zum Kriege von 1870/71 gearbeitet wurde. Die Wichtigkeit des beschriebenen Fabrikationszweiges wurde bei Gelegenheit der Pariser Ausstellung von 1867 durch Verleihung der goldenen Medaille an Tessié du Motay anerkannt.

Der Betrieb der erwähnten Fabrik ist freilich seit dem großen Kriege, während welcher Zeit dieselbe stillstand, nicht wieder aufgenommen worden, und hieran sind die Zeitverhältnisse nicht allein schuld — das Verfahren selbst zeigte sich bei der Anwendung im Großen noch mancher Verbesserungen bedürftig. Es stellte sich heraus, daß die Zersetzung des Fluorsiliciums durch Wasser durchaus nicht vollständig erfolge, wodurch sowohl beträchtliche Verluste hervorgerufen wurden, als auch Verdrießlichkeiten mit der Nachbarschaft entstanden. Ferner tritt bei dem Proceß Fluorwasserstoffsäure auf, welche trotz längerer Einwirkung auf die Kieselsäure aus der wässerigen Säurelösung nicht vollständig zu entfernen ist und bei der Hauptanwendung der Kieselflußsäure, der Zersetzung des Chlorkaliums und Chlornatriums überaus störend einwirkt.

Was die Anwendung der Kieselflußsäure betrifft, so liegt es vor Allem nahe, ihre Eigenschaft, mit den Alkalien schwer lösliche Verbindungen zu bilden, zu verwerthen.

Wenn man sich erinnert, daß das Kieselfluormagnesium sehr löslich ist, so leuchtet ein, daß mittelst der Kieselflußsäure die Kaliumsalze von den sie begleitenden Magnesiumverbindungen sowohl in den Staßfurter Salzen als auch in den Mutterlaugen der Kochsalzgewinnung aus dem Meerwasser leicht

zu trennen sind. Auch die Natriumverbindungen können als Kieselfluornatrium gefällt werden, obgleich dasselbe nicht so unlöslich ist, wie das entsprechende Kaliumsalz. Versetzt man eine gesättigte Lösung von Chlorkalium, die auch Chlormagnesium enthalten kann, mit der entsprechenden Menge Kieselflußsäure, so schlägt man das Kalium zunächst als Kieselfluorkalium (SiF_4, 2FK) nieder, dessen Verkaufspreis von Bothe zu 120 Frcs. pro 100 Kilo angegeben wird und aus welchem man kaustisches Kali gewinnen kann, indem man es in Gasretorten erhitzt. Fluorsiliciumgas entweicht, welches man ebenso mit Wasser zersetzt, wie das im Schachtofen erzeugte, und es bleibt Fluorkalium zurück (SiF_4, $2FK = SiF_4 + 2FK$), welches durch Lösen im Wasser und Versetzen mit Aetzkalk leicht unter Abscheidung unlöslichen Fluorcalciums in Kalihydrat übergeführt werden kann ($2FK + CaH_2O_2 = CaF_2 + 2KHO$). Das von der kaustischen Kalilauge getrennte Fluorcalcium dient aufs Neue zur Bereitung von Kieselflußsäure und aus der klaren alkalischen Lauge kann durch Eindampfen festes Kalihydrat erhalten werden. Als ein Umstand, welcher die Durchführung der eben beschriebenen Fabrikation von Kalihydrat wesentlich erschwert, muß indessen angeführt werden, daß die Zersetzung des Kieselfluorkaliums in Fluorkalium und Fluorsilicium eine äußerst hohe Temperatur erfordert und selbst durch vierundzwanzigstündiges, heftigstes Glühen nie ganz vollständig erzielt werden konnte, so daß beim Lösen des rückständigen Fluorkaliums eine nicht unbeträchtliche Menge unzersetzten Kieselfluorkaliums ungelöst blieb. —

Keßler*) hat sich ein Verfahren zur Darstellung von Soda aus Kochsalz mittelst Kieselflußsäure patentiren lassen. Nach ihm ist aus einer gesättigten Kochsalzlösung mittelst Kieselflußsäure Kieselfluornatrium niederzuschlagen und letzteres durch Kochen mit Kreide in Natriumcarbonat überzuführen (SiF_4, $2FNa + CaCO_3 = SiF_4$, $F_2Ca + Na_2CO_3$). Auch von Anderen ist die Anwendung der Kieselflußsäure in der Sodafabrikation technisch erprobt werden.

Auch in der Zuckerfabrikation hat man die Kieselflußsäure zu verwenden gesucht. Bekanntlich bilden die Alkali-

*) Wagners Jahresb. 1863, S. 228.

salze, welche in der Melasse enthalten sind, eines der Hindernisse der Gewinnung des in der Melasse noch enthaltenen krystallisirbaren Zuckers, indem die Alkalisalze die Krystallisation des letzteren verhindern. Wie V. Kletzinsky*) und später Marix**) vorgeschlagen haben, können diese Salze durch Kieselflußsäure entfernt werden. Nach Marix ist die Melasse mit soviel Wasser zu verdünnen, daß sie die dickliche Beschaffenheit verliert. Sodann wird sie mit der angemessenen Menge Kieselflußsäure vermischt, worauf die Alkalien allmählich sich als Kieselfluormetalle abscheiden. Die von dem Niederschlag getrennte Flüssigkeit wird, um etwa überschüssig zugesetzte Säure abzustumpfen, mit Kreide behandelt und dann nochmals filtrirt, worauf man sie zur Gewinnung des Zuckers in gewöhnlicher Weise weiter behandelt. Dies Verfahren kann auch bei dem Saft der Rüben und des Zuckerrohrs entweder vor oder nach der Läuterung angewendet werden. Wegen der Kostspieligkeit der Kieselfluorwasserstoffsäure sind diese Vorschläge nur an wenigen Orten zur Ausführung gekommen. Im Augenblick wird die Kieselfluorwasserstoffsäure in der Zuckerindustrie nicht mehr angewendet.

Daß die Kieselflußsäure zur Herstellung künstlicher Steine, zur Fixirung der Farben in der Stereochromie, zur Fabrikation der Weinsäure, als Surrogat dieser Säure sowie als Beizmittel anstatt des Kuhkothbades in der Färberei und dem Zeugdruck, zum Weißsieden der Stecknadeln, zum Entkalken des Rübensaftes in der Zuckerfabrikation, zur Hervorrufung einer schönen Patina auf Messing, Bronze, Zink und Neusilber, zum Aufschließen der Knochen und Phosphorite in der Fabrikation künstlicher Düngemittel und zu mancherlei anderen Verwendungen vorgeschlagen worden ist, sei kurz erwähnt.

Eine französische Fabrik verwendete Kieselfluornatrium zur Herstellung siliciumreicher Legirungen.

Eines von Christi genommenen Patentes, den Gehalt der Kloaken- und Schleußenwässer an Ammoniak dadurch zu verwerthen, daß man letzteres mittelst Kieselflußsäure niederschlägt, ist bereits im vorig. Jahrgange S. 315 gedacht werden.

*) Wagner's Jahresb. 1865, S. 495.
**) Wagner's Jahresb. 1869, S. 417.

Wenn es der Wissenschaft und Industrie gelingen sollte, die noch vorhandenen Mängel in der Fabrikation der Kieselflußsäure zu beseitigen, so dürfte sich die chemische Technik noch manche nützliche Anwendung von derselben versprechen.

Das Hartglas.

Franz Haßlacher*) in Frankfurt a. M. bringt über den gegenwärtigen Stand der Hartglasfabrikation einige Mittheilungen, welchen wir zur Ergänzung unserer früheren Notizen über denselben Gegenstand (Bd. XI, S. 348) Folgendes entnehmen: Wie zu erwarten stand, sind nach Roger de la Bastie, dem ursprünglichen Erfinder des Hartglases, viele andere aufgetaucht, von denen jeder eine neue Art der Hartglas-Bereitung erfunden haben will. Welchen Werth die späteren Erfindungen haben, läßt sich erst dann beurtheilen, wenn die betreffenden Verfahren näher bekannt geworden sind. Vorerst soll nur das Verfahren von Pieper, der, wie bereits gemeldet wurde, seine Erfindung den deutschen Glasindustriellen für 300,000 Mark verkaufte, geschildert werden. Nach Pieper's Methode wird das zu härtende Glas in rothglühendem Zustande nicht, wie Bastie vorschlägt, in heißes Oel oder Paraffin eingetaucht, sondern durch überhitzten Dampf, welchen man direct in den Glühofen einläßt, abgelöscht. Wenn sich das Pieper'sche Verfahren practisch bewähren sollte, woran sehr stark gezweifelt wird, so hätte dasselbe vor dem Bastie'schen den großen Vortheil, daß bei der Benutzung von überhitztem Dampfe die Gefahr einer Entzündung des Ablöschbades beseitigt wäre. Um das Entzünden des heißen Oeles, Paraffins ꝛc. beim Eintauchen roth- oder weißglühenden Glases zu verhüten, war Bastie genöthigt, besondere Vorrichtungen an seinen Oefen anzubringen, durch welche diese mehr oder weniger complicirt wurden. Pieper bedarf keiner solchen Vorrichtungen, und wenn nicht die Zuführung des überhitzten Dampfes zu den heißen Gläsern mit der erforderlichen Schnelligkeit und Vollständigkeit auf unüberwindliche Schwierigkeiten stößt, so ist Piepers Verfahren ein entschiedener Fortschritt

*) Grothe's Deutsch. allg. pol. Zeit. 1876, S. 223.

in der Fabrikation des Hartglases und verdient vor dem Bastie'schen den Vorzug. Wenn das Ablöschen des Glases mittels flüssig gemachten Metalles nicht wegen des hohen specifischen Gewichtes des letzteren auf wohl nicht zu beseitigende Schwierigkeiten stieße, so wäre dieses Verfahren wegen seiner Ungefährlichkeit und Billigkeit allen anderen vorzuziehen. Der Vorschlag, sich des Metalles zum Härten von Glas zu bedienen, ist in der That bereits unmittelbar nach dem Bekanntwerden von Bastie's Verfahren im Frankfurter „Arbeitgeber" gemacht worden.

Das große Publikum bekümmert sich gewöhnlich wenig darum, wer den größten Anspruch auf die Ausbeutung einer Erfindung hat; in dem vorliegenden Falle ist es jedoch in gewissem Grade interessirt, da Bastie seine Rechte nicht aufgeben (er meint, es fänden sich wohl auch in Deutschland Richter, welche einem Beschädigten zu seinem Rechte verhelfen, selbst wenn der Beschädigte ein Franzose wäre), Pieper aber diese Rechte nicht anerkennen will. Der Streit zwischen Beiden trug nun wohl bisher die Schuld, daß die Fabrikanten mit der Hartglasfabrikation im Großen warteten; denn wenn sie auch Pieper's Erfindung angekauft hatten, so waren sie, wie es scheint, doch nicht so ganz sicher, ob nicht Bastie einen Proceß gegen Pieper anstrengen und am Ende gewinnen würde, in welchem Falle sie vielleicht ebenfalls zur Schadloshaltung Bastie's mit herangezogen worden wären. In Folge dieses unerquicklichen Zustandes muß das Publikum noch immer auf das Hartglas verzichten; denn wenn auch hie und da versuchsweise Gläser gehärtet wurden, so kann doch von einer ausgedehnten Fabrikation im Großen noch nicht die Rede sein. Zwischen Bastie und Pieper ist es nun zu einem Processe nicht gekommen: Bastie hat seine deutschen Patente an zwei Berliner Großindustrielle, Vidal und Ravené, verkauft und von diesen erwarben dann die Besitzer der Pieper'schen Patente auch die von Bastie, sodaß sie nunmehr mit der Fabrikation beginnen können, ohne befürchten zu müssen, in fremde Rechte einzugreifen.

Merkwürdiger Weise hat kurz vor Bastie ein Engländer, Macintosh, den vorläufigen englischen Patentschutz für ein Verfahren, Glas zu härten, nachgesucht und dieses mag

wohl der Grund gewesen sein, weshalb Bastie sich so sehr beeilte, das definitive englische Patent auf seine Erfindung zu nehmen, eine Eile, die ihm zwar in England das Patent sicherte, es jedoch sehr in Frage stellt, ob das Patent, welches ihm die preußische Regierung bewilligte, Gültigkeit hat; wenigstens spricht sich Franz Wirth, wohl eine der ersten Autoritäten Deutschlands in Patentsachen, dahin aus, daß das preußische Patent Bastie's ungültig sei, weil die englische Beschreibung des Bastie'schen Verfahrens bereits mehrere Wochen vor Ertheilung des preußischen Patentes veröffentlicht worden sei. Vielleicht hat auch Bastie mit Rücksicht hierauf die Forderungen für seine deutschen Patente so sehr herabgesetzt. In England hat sich eben zur Ausbeutung des englischen Patentes von Bastie eine Gesellschaft gebildet, desgleichen in Amerika und, wie man berichtet auch in Belgien. Die Engländer nennen das neue Fabrikat „toughened glass" (Zähglas), die Franzosen verre trempé „eingetauchtes Glas." Pieper hat seinem Glase den Namen „Vulkanglas" gegeben.

Die Summen, für welche Bastie seine verschiedenen Patente verkaufte, sind nicht bekannt gegeben, wahrscheinlich weil dieselben zu sehr von den ursprünglich für die deutschen Patente geforderten 42 Millionen Franc abstehen.

Macintosh, der fast gleichzeitig mit Bastie ein Glashärteverfahren erfunden hat, setzt Glas von gewöhnlicher Temperatur einem weit unter dem Nullpunkte liegenden Temperaturgrade aus; auf diese Weise soll es ihm gelungen sein, künstliche Edelsteine von einer Härte herzustellen, welche von der des Diamanten nicht übertroffen wird. Auf andere Glasgegenstände ist das Verfahren, soviel bekannt, noch nicht angewendet worden. In jüngster Zeit hat sich auch Dr. Siemens in Dresden ein sächsisches Patent auf ein Verfahren, Hartglas zu bereiten, ertheilen lassen. Der Titel des Patentes lautet auf ein Verfahren zur Erzeugung von sogenanntem Preßhartglas, läßt also vermuthen, daß Siemens das Glas durch Zusammenpressen zu härten sucht. Bestimmtes ist darüber noch nicht bekannt.

Unter den deutschen Erfindern ist noch Stahl, Director der Gesellschaft zur Erzeugung meteorologischer Instrumente zu nennen.

Dieser wendet sein Verfahren an, um die für meteorologische Instrumente bestimmten Gläser zu härten, und es hat sich der Chef der deutschen Marine, General Stosch, bei einem Besuche der Fabrik sehr anerkennend über das Verfahren ausgesprochen.

Direktor Pohl von der gräflich Schaffgottsch-Josephinenhütte will nach einem von ihm erfundenen Verfahren gläserne Jagdflaschen herstellen, die beinahe unzerbrechlich seien.

A. Jarolimek, welcher verschiedene Methoden des Stahlhärtens bespricht (siehe unten) wirft die Frage auf, ob die momentane und streng zu regelnde Abkühlung des Glases durch eine feinvertheilte, mittelst des Zerstäubungsgebläses erzeugte Dunstwolke und darauf folgende langsamere Kühlung im Kühlofen nicht besseres Hartglas liefern würde als die Kühlung de la Bastie's in erhitzten Fettbädern.

Noch ist eines Patentes zu gedenken, welches R. Meusel*) in Geiersthal auf ein Verfahren zur Darstellung von Hartglas in verschiedenen Staaten nahm. Das Meusel'sche Verfahren beruht nach dem vom 1. Dezember 1875 datirten, französischen Patent darauf, daß zum Härten eine schwache Lösung von Glycerin und schleimigen oder gummihaltigen Substanzen z. B. Leinsamenabkochung verwendet und das Glas gehärtet wird, während es noch an der Pfeife hängt. Nach dem Härten wird es in einen schwach gefeuerten Ofen gebracht. (Bastie erhitzt das geformte Glas vor dem Härten noch einmal bis zur Rothgluth und taucht es in solchem Zustande in das Härtebad ein.) Der Erfinder legt großen Werth auf die Beschaffenheit des Härtebades. Der Glaswaarenhändler Wilhelm Märtz in Chemnitz, welcher den Vertrieb des nach Meusel'schen Verfahren gehärteten Glases (Lampencylinder, Wassergläser zc.) übernommen hat, lieferte an das Laboratorium der Königl. höheren Gewerbeschule in Chemnitz auch Proben von Kochkolben und Kochbechergläsern, und es kann bestätigt werden, daß man in den Kochkolben, die allerdings nicht ganz billig waren, über einer großen Flamme Wasser unter stetem heftigen Kochen zur völligen Trockne verdampfen und daß man die noch heißen

---

*) Deutsche Industrie-Zeitung 1876, S. 208.

Kolben sofort wieder mit kaltem Wasser füllen konnte, ohne daß ein Springen des Glases erfolgte.

Für Hartglas von de la Bastie*), welches jetzt als Handelswaare geliefert wird, ist in Paris Chaussée d'Antin 38—40 eine Niederlage eröffnet worden; ferner liefert die Niederlage der Berliner Actiengesellschaft**) für Centralheizungsanlagen ꝛc. — Berlin, Leipziger-Straße 42 — Lampencylinder von Hartglas. Auch Johs. Rominger***) in Stuttgart fabricirt neuerdings unzerbrechliches Glas.

Es ist bekannt, daß das Hartglas, wenn man es zu schneiden oder zu durchbohren versucht, in der Regel nach Art der Glasthränen in viele Stücke zerbricht, doch läßt es sich nach V. de Luynes und Ch. Feil†) unter Umständen bohren und schneiden. Eine runde Scheibe z. B. zerbricht nicht, wenn man sie genau in ihrem Mittelpunkte durchbohrt, dagegen zerfällt sie sofort, wenn man das Bohrloch irgendwo anders anzubringen versucht. Eine quadratische Scheibe zeigt im polarisirtem Lichte ein schwarzes Kreuz, dessen Arme parallel mit den Seiten des Quadrats sind. Durch die Arme des Kreuzes werden die beiden Linien bezeichnet, in welchen die Glasscheibe zerschnitten werden kann, ohne zu zerbrechen, jeder andere Schnitt macht das Glas in viele kleine Fragmente zerfallen.

Schlackenwolle. Die bereits Bd. VIII, S. 336 erwähnte Schlackenwolle††), die man durch Einleiten von Dampf in einen Strahl flüssiger Schlacke darstellt, wird gegenwärtig von mehreren Eisenhütten, so der St. Marienhütte bei Zwickau, der Georg-Marienhütte bei Osnabrück, der Laurahütte bei Gleiwitz in den Handel gebracht. Sie ist im Aussehen gewöhnlicher Baumwolle außerordentlich ähnlich und da sie neben vollkommener Unverbrennlichkeit die Eigenschaft eines sehr schlechten Wärmeleiters besitzt, auch von Wasser und vielen Flüssigkeiten nicht angegriffen wird, so bedient man sich ihrer zum Umhül-

*) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 319.

**) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 448.

***) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 139.

†) Compt. rend. t. 81, p. 341. Chem. Centralblatt 1875, S. 593.

††) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 146 u. 1876, S. 28 u. S. 207.

len von Dampf- und Windleitungen, Dampfcylindern, Reservoirs, als Stopfmaterial für feuerfeste Kassenschränke, Isolirwände in Wohnungen, Lazarethen, ferner zu Filtrirwerken in Laboratorien und chemischen Fabriken. Namentlich zum Einpacken von Dampfrohren scheint sie vielfach verwendet zu werden. Zwar erklärte Pieper im Verein für Rübenindustrie in Oderbruch, daß die Umwicklung mit Schlackenwolle nicht haltbar genug und die Arbeit des Umwickelns eine recht schwierige sei, aber von anderen Seiten erklärt man sich für vollständig befriedigt von dem Effect jener Verpackungen. Nach Anweisung der Fabrikanten wird die Schlackenwolle zur Umhüllung von Rohrleitungen ohne jedes Bindemitel in etwa 1000 Quadratcentim. großen Stücken an das Rohr so hoch angelegt, wie dies durch ruhigen Druck ohne Schlagen möglich ist. Eine Lage von 8 Cmt. genügt für die weitesten Rohre und wird die Wolle auf dieses Maß zusammengedrückt, mit Bindfaden oder Draht so umwunden, daß sie an dem zu umwickelnden Körper haften bleiben. Nachdem 1½ oder 2 Meter einer Rohrleitung auf diese Weise eingehüllt sind, wird das Ganze in grobes Packleinen eingenäht und dieses dann zum Schutze gegen Eindringen von Wasser zweckmäßig mit Theer angestrichen (nasse Schlackenwolle ist ein viel besserer Wärmeleiter als trockene). Die Georg-Marienhütte in Osnabrück verkauft die Schlackenwolle in kleineren Partien zu 6 M. pro 50 Kgr., bei Partien von 2500 Kgr. zu 4,5 M. pro 50 Kgr. — Nach Angaben der Maschineninspection der Laurahütte bei Gleiwitz genügt sogar zum Verpacken von Wind- und Dampfrohren das Auftragen einer 65 Mm. dicken Schicht ihres Fabrikats, das sie zu 7 M. pro 50 Kgr. loco Hütte offerirt. Nach mehrfachen Versuchen läßt sich mit 39 Kgr. Wolle 1 □ M. Rohrleitung verpacken. Um die Billigkeit dieses Fabrikats im Gegensatz zur Leroy'schen Masse darzulegen giebt die Maschineninspection der Laurahütte folgende Zusammenstellung der Kosten:

Kosten der Wolle pro 50 K. 7 M. also pro □ M.	5,46 M.
Arbeitslohn incl. Bindfaden und Bindedraht . .	1,20 „
	6,66 M.

Bei Anwendung von Leroy'scher Masse in 43 Mm. dicker Schicht kann ein Quadratmeter mittelst 62 Kgr. Masse

bekleidet werden. Die Leroy'sche Masse kostet 6 M. pro 50 Kgr.; folglich

Kosten der Composition pro □ M.	7,44 M.
Arbeitslohn 2c.	2,00 „
	9,44 M.

Offenbar hält die Direction der Laurahütte die erwähnte Umhüllung der Wolleschicht mit getheertem Packleinen für überflüssig.

Von anderer Seite wird bezüglich der Verwendung von Schlackenwolle beim Hochbauwesen als Stopfmaterial unter Fußböden, Vertäfelungen 2c., Vorsicht angerathen. So macht Wolpert*) darauf aufmerksam, daß die Schlackenwolle in Folge eines oft sehr beträchtlichen Gehaltes von Schwefelcalcium unter dem Einflusse von Feuchtigkeit und atmosphärischer Kohlensäure, Schwefelwasserstoff entwickle. Die gesundheitsschädliche Wirkung dieses Gases ist bekannt. Auch will man nach der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung bemerkt haben, daß manche Schlackenwolle bei der Benutzung zur Verpackung der Telegraphenkabel in unterirdischen Cementröhren durch den beim Feuchtwerden entwickelten Schwefelwasserstoff den Kautschuk angreife.

Ueber eine von Lenoir empfohlene Verbesserung in der Darstellung von Silberspiegeln hat kürzlich Debray**) Bericht erstattet. Bekanntlich werden die nach älterem Verfahren durch Belegen mit Silberamalgan hergestellten Spiegel in neuerer Zeit mehr und mehr durch die Silberspiegel verdrängt, und doch sind die letzteren von einigen entschiedenen Uebelständen behaftet, denn sie geben stets ein etwas gelbliches Bild, auch haftet das Silber nicht so vollkommen am Glas als wünschenswerth; es kommt oft vor, daß das Silberhäutchen der Spiegel an Stellen, die der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, sich auf mehr oder weniger großen Stellen ablöst, und endlich schwärzt sich das Silber trotz des schützenden Firnißüberzuges allmählich bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff. Der letztere Uebelstand hat sich na-

*) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 288.

**) Bull. de la Soc. d'Enc. (3) 3, 19 u. Deutsche Industriezeitg. 1876, S. 154.

mentlich fühlbar gemacht bei dem Export nach den Ländern jenseits des Aequators; die Spiegel werden durch die Ausdünstung des Schiffsraumes, in dem sie Monate verpackt liegen schwarz. Aus diesem Grunde haben die Quecksilberspiegel, obgleich sie in den tropischen Ländern durch die Hitze häufig stark leiden, für diese Zwecke doch nicht durch die Silberspiegel verdrängt werden können, die doch gegen die Wärme durchaus widerstandsfähig sind.

Wenn auch diese Nachtheile durch die größere Billigkeit der Fabrikation und vor Allem durch Beseitigung der von Quecksilbereinwirkungen unter den Fabrikarbeitern hervorgerufenen Krankheiten reichlich ausgeglichen werden, so wäre es doch sehr wünschenswerth, wenn man sie vermeiden könnte. Und dies ist nun dem — durch seine Gasmaschine in weiten Kreisen bekannten — Pariser Ingenieur Lenoir in einfacher Weise gelungen. Nach dessen Verfahren wird nämlich das versilberte Glas, nachdem es abgewaschen, mit einer verdünnten Lösung von Quecksilbercyankalium begossen. Es wird dadurch ein Theil des Silbers wieder gelöst, das übrige aber bildet mit dem an Stelle des aufgenommenen Silbers ausgeschiedenen Quecksilber ein Amalgam, das weit weißer ist und am Glase weit stärker haftet als das Silber selbst. Die Umwandlung erfolgt augenblicklich. Die Menge des fixirten Quecksilbers schwankt je nach der Dauer der Berührung zwischen Silber und Quecksilberlösung; bei einem Versuche, welchen Debray beobachtete, stieg sie nicht über 5 bis 6 Proc. Die Handhabung der Lösungen der an sich sehr giftigen Cyanverbindungen ist ohne Gefahr, wenn dieselben sehr verdünnt sind; seit vielen Jahren werden dieselben ja auch für galvanoplastische Zwecke ohne ernstlichen Nachtheil in weit stärkerer Concentration verwendet, als dies bei dem Lenoir'schen Verfahren geschieht.

Die amalgamirten Silberspiegel zeigen nicht mehr den gelblichen Farbton wie die mit reinem Silber, sind auch, wie eine zweijährige Erfahrung bewiesen hat, weit weniger empfindlich gegen Schwefelwasserstoff und widerstehen vollkommen der Einwirkung der Sonne. Das Lenoir'sche Verfahren wird von der Spiegelfabrik von Maugin Lesur in Paris ausgeführt.

Ueber die Glasvergoldung mit Blattgold zur Herstellung von Glasschildern mit Goldschrift theilt L. W. Moeser*) Folgendes mit. Die Glasplatte wird zunächst gehörig gereinigt, am zweckmäßigsten mit Lappen und Kreidepulver. Hierauf folgt die Vergoldung der einen Glasseite mit Blattgold. Das Bindemittel welches das Haften des Goldes auf dem Glase bewirken soll ist Gelatine-Lösung. Man löst 5 Grm. Gelatine in 1 Liter Wasser, kocht die Lösung und trägt davon mit einem Pinsel gleichmäßig und möglichst warm auf die Glasplatte auf. Jetzt wird Blattgold, wie bei der Glanzvergoldung, gleichmäßig und glatt aufgelegt, was natürlich Uebung erfordert. Ist der Ueberzug getrocknet, so wird abermals mit Anwendung des Gelatinewassers Gold aufgelegt. Selbst unächtes Blattgold kann man zur Vergoldung benutzen. Je weniger gleichmäßig und dicht aber das angewendete Blattgold ist, desto mehr Goldschichten muß man übereinander legen. Erscheint die Vergoldung, wenn man das Glas gegen das Licht hält, überall vollständig undurchsichtig, und ist dieselbe trocken geworden, so kann die Schrift aufgezeichnet werden. Dieselbe wird auf das Gold mit Asphaltlack, und zwar verkehrt, aufgemalt. War die Goldschicht nicht überall dicht genug, so schlägt der Asphaltlack durch und wird auf der Vorderseite unangenehm sichtbar. Das Vorzeichnen der Schrift kann mit einer Nadel geschehen, indem man die Buchstaben in Papier ausschneidet oder Schablonen von dünnen Blech anwendet ꝛc. Ist die mit Asphaltlack aufgetragene Schrift vollständig getrocknet, so wird jetzt die überschüssige Vergoldung in Wasser aufgeweicht und weggewaschen; die durch den Lack geschützte Schrift bleibt stehen und zeigt bei sorgfältiger Ausführung den bekannten feinen Glanz. Gewöhnlich wird dann noch das ganze Schild auf der Schriftseite mit einem dunklen Grunde versehen, den man durch einen Oelfarbenanstrich herstellt. Die Schrift wird durch den dunklen Hintergrund besser sichtbar, noch mehr geschützt und die Reflexion ist weniger sichtbar.

---

*) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 167.

Kohlenstoff.

Diamant. Ueber neue Fundorte von Diamanten theilt der amtliche Bericht über die Wiener Weltausstellung Folgendes mit:

„Daß der in Böhmen bei der Granatenwäsche zwischen Podsedldiz und Chraschtian, seitwärts der Straße Bilin-Lobositz gefundene Diamant wirklich aus einem dort befindlichen Lager stammt, ist von vielen Seiten bezweifelt worden, da die eigentliche Fundstätte eine Werkstatt ist, in welcher Pyropen geschliffen und auch mit Diamanten gebohrt werden. — Die von Jeremejew für Diamant gehaltenen mikroskopischen Einschlüsse im Xanthophyllit von Slatoust sind nach Knop nicht vorhanden; die eingeschlossenen, dem Diamant ähnlichen Formen sind Hohlräume."

„In Californien finden sich nach W. Blake in der Grafschaft Butte bei Cherokee Flat, 10 Meilen von Oroville, lose, lichtstrohgelbe Diamanten; nach Davidson auch in Arizona zusammen mit Granaten und Rubinen; nach Wöhler auch in Oregon im Platinsande. Auch in Volcano, Amador County, Californien, und nach Goodyear in den Kiesbetten von El Dorado County kommen Diamanten vor."

„In Australien fand Phipson kleine flächenreiche Diamanten und zwar südlich von Perth in einem vorwaltend Iserin, daneben Zirkon, Bergkrystall, Topas und Apatit enthaltendem Sande von Freemantle. In Victoria bei Beechworth und Woolshed hat man bei Gelegenheit des Goldwaschens bis Ende 1865 56 Diamanten gefunden. Im Innern von Neusüdwales, District Mudgee, finden sich nach Bleasdale in 20 M. Tiefe unter einer etwa 0,5 M. mächtigen goldführenden Conglomeratschicht in sandigen Schichten Diamanten."

„Die Diamanten Südafrikas, zum Theil von bedeutender Größe, bis 150 und 288 Karat schwer und häufig (Tennant in London sah in einigen Monaten 10,000 Stück) kommen im alluvialen Geröll des mittleren und unteren Vaal- und Orangeriverthales und den Zuflüssen derselben, oder in isolirten trockenen Kesseln (pans) in „Adamanta" vor. Mit den Diamanten finden sich Granat, Spinell, Olivin, Achate, Titaneisen u. s. w. Das Muttergestein kennt man nicht. Die

meisten Diamanten fand man im alten Flußbett des Vaal zwischen Lekatlong und Bloemhof; sie liegen nie tiefer als zwei Fuß unter der Oberfläche. Die ersten Diamanten in Südafrika fand man 1866. Auch bei Pretoria und am mittleren Pinaarsfluß, Transvaalsche Republik (nördlich der Quellen des Vaal) sollen nach Mauch Diamanten gefunden worden sein. Die Verbreitung der Diamanten führenden Districte scheint größer zu sein, als man bisher annahm. Nach Mauch finden sich Diamanten noch unfern des Marico am Witpan, nahe bei Waterberg am Platriver, und am Limpopo, Transvaalsche Republik."

Die größten und schönsten Diamanten sollen bekanntlich meistens aus Ostindien stammen, wo die Minen von Golconda seit Jahrhunderten berühmt sind. Brasilien, dessen jährliche Ausbeute durchschnittlich auf 25,000 bis 30,000 Karat geschätzt wurde, soll nur einige große Diamanten geliefert haben. Zu den bekannten älteren Fundorten gehören übrigens noch Malakka und Borneo sowie die Westabhänge des Ural.

Diamantwerkzeuge.*) Die technische Verwendung der Diamanten wird bekanntlich in neuerer Zeit eine immer häufigere und namentlich wird der schwarze Diamant aus Brasilien, der sogen. Carbonat, zum Erdbohren, Bearbeiten von Steinen ꝛc. vielfach benutzt. Neuerdings ist es nun in den Vereinigten Staaten gelungen, diesen schwarzen Diamanten mit Schneiden und Spitzen zu einem so billigen Preise zu versehen, daß diese scharfen Diamanten in vielen Fällen den Stahl mit Vortheil ersetzen können. Die Herren Selig jr. und Co. in Berlin haben diese Diamantwerkzeuge auch in Deutschland und England eingeführt; nach ihrer gef. Mittheilung werden dieselben verwendet 1. zum Abdrehen von Schmirgelscheiben, Granitwalzen, Schärfen von Mühlsteinen ꝛc. (Preis 75 M.), 2. mit geschliffener Schneide zum Abdrehen von Papier-, Calander- und Hartguß-Walzen sowie sonstigen glasharten Gegenständen (Preis 110 M.). Die Anwendung geschieht in der Weise, daß das den Diamant tragende Werkzeug wie jeder andere Drehstahl auf den Support der Drehbank eingesetzt wird

Nach einer ferneren Notiz der Industriezeitung**) wurde

*) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 246.
**) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 400.

im vorigen Jahre in Hanau der Grundstein zu einer Diamantschleiferei, der ersten in Deutschland, gelegt. Bisher wurde die Diamantschleiferei fast ausschließlich in Amsterdam betrieben, wo in 5 Etablissements gegen 3000 Arbeiter, meist Juden, beschäftigt sind.

Graphit. Außer der bekannten Entstehungsweise des Graphits, durch Auskrystallisiren aus schmelzendem Roheisen im Hochofen, hat man noch eine andere merkwürdige Bildungsweise dieses Körpers beobachtet. Bei Besprechung der Verarbeitung der Mutterlaugen von der Sodafabrikation auf kaustisches Natron nach Helbig's Verfahren ist bereits (Bd. IX, S. 298) mitgetheilt worden, daß man die beim Versieden der rohen Sodalaugen bleibenden Mutterlaugen behufs Gewinnung von Aetznatron in eisernen Kesseln eindampft und durch den stark erhitzten, schmelzenden Verdampfungsrückstand einen kräftigen Luftstrom bläst. Bei dieser Operation werden die in den Mutterlaugen enthaltenen Schwefelverbindungen oxydirt und wird zugleich das in denselben befindliche Cyannatrium unter Entwicklung von Stickstoff und Ammoniak und unter Abscheidung von graphitischem Kohlenstoff zersetzt. Der abgeschiedene Graphit tritt an die Oberfläche der Schmelze und kann abgeschöpft werden. Stingl*) hat solchen in der Außiger Sodafabrik aus Soda-Rohlauge gewonnenen Graphit analysirt und dabei gefunden

Kohlenstoff	79,7 Proc.
Asche	21,0 Proc.

Der Kohlenstoff wurde wie bei der Elementar-Analyse bestimmt; Wasserstoff konnte in dem gut getrockneten Graphit nicht nachgewiesen werden. Die Asche stellte ein zinnoberrothes Pulver dar und enthielt in 21 Theilen:

Eisenoxyd	11,2
Kieselsäure	10,0.

Stingl überzeugte sich, daß nicht nur die Asche sondern auch der Graphit selbst das Eisen in Form von Eisenoxyd enthält, und dieser Gehalt an Eisenoxyd ließ ihn vermuthen, daß der Graphit nicht, wie allgemein angenommen wird, dadurch entsteht, daß die Cyannatriumverbindungen der Rohlauge

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1873, Bd. VI, S. 391.

durch den Sauerstoff der Luft in Natriumhydroxyd, Stickstoff und Graphit zerlegt werden, sondern daß die Graphitbildung in diesem Falle das Product eines secundären Prozesses ist, indem nämlich das Cyannatrium und Ferrocyannatrium zunächst durch den Sauerstoff der Luft in Kohlenoxyd, Stickstoff und Natriumhydroxyd — neben Eisenverbindungen — zerlegt werden. Gleichzeitig wird das als Doppelverbindung vorhandene Schwefeleisen oxydirt. Das Kohlenoxyd kann nun auf Eisenoxydul in der Art wirken, daß Kohlenstoff in Form von Graphit abgeschieden und das Eisenoxydul in Oxyd übergeführt wird. Daß eine solche Reaction unter Umständen (bei einer Temperatur von 300—400° C.) statt haben könne, ist schon früher von Bell und von Gruner*) ausgesprochen worden, und Gruner führt auf dieselbe die Abscheidungen von Kohlenstoff zurück, welche in den oberen, kälteren Schichten des Hochofens vor sich gehen. Stingl hofft, daß es ihm gelingen werde experimentell nachzuweisen, daß auch im vorliegendem Falle, beim Verarbeiten der Soda-Rohlaugen, die Graphitausscheidung durch einen analogen Vorgang herbeigeführt werde.

Amorpher und blättriger Graphit. Bezüglich einer Bemerkung Rammelsberg's**), durch welche derselbe eine Unterscheidung von krystallisirtem und amorphem Graphit als unpassend bezeichnet, äußert sich Stingl a. a. O. wie folgt:

Graphitsäure, welche nach den Methoden von Brodie und Gottschalk (Bd. II, S. 222) aus geschlämmten und durch Behandeln mit schmelzendem Alkali, Königswasser und Flußsäure gereinigten, steirischen Graphit dargestellt ist, zeigt unter dem Mikroskop keine Krystallblättchen, sondern stellt ein schön gelbes amorphes Pulver dar, welches die von Brodie angegebenen, nachher von Gottschalk bestätigten Eigenschaften der Graphitsäure und deren Zusammensetzung besitzt. Dieselben Eigenschaften zeigt Graphitsäure aus böhmischen, geschlämmten und nachher gereinigten Graphit.

Die Graphitsäuren, erhalten aus Ceylongraphit, sowie aus dem sogenannten Flintze des Passauer Graphites, ferner

---

*) Compt. rend. t. 73, p. 28 u. Chem. Centralbl. 1871, S. 524.
**) Ber. d. d. chem. Ges., Bd. VI, S. 188.

aus dem, aus feinen Blättchen bestehendem Graphite der bei der Oxydation der Rohsodalauge mittelst Luft sich an der Oberfläche der rothglühenden Schmelze abscheidet, erscheinen unter dem Mikroskope aus Krystallblättchen bestehend.

Wird ferner Graphitsäure aus böhmischen und steierschen Graphit durch Erhitzen zersetzt, so besitzt die hierbei sich bildende, schwarze Masse (eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) außer den schon von Gottschalk*) angegebenen Eigenschaften noch die, daß selbige ein bedeutendes Abfärbungsvermögen und große Deckkraft besitzt, so daß selbige in dieser Hinsicht den feinsten Kienruß bei weitem übertrifft, während der Zerlegungsrückstand, herrührend aus den Graphitsäuren mit blätteriger Struktur nicht abfärbt und gar keine Deckkraft besitzt.

Zu Folge dieser letzteren Eigenschaften nun, Farbe und Deckkraft, werden nach Stingl in der Praxis die Graphite scharf als „amorphe" und „blättrige" unterschieden; denn überall, wo es gilt Graphit als Färbematerial zu verwenden, wird nur nach dem amorphen, also dem böhmischen, steierschen, österreichischen u. s. w. Raffinade-Graphit gegriffen, handelt es sich hingegen um Graphit für die Schmelztiegelfabrikation, so ist neben den Aschebestandtheilen und dem Grade der Verbrennbarkeit die Blättchenstruktur eine der Anforderungen, die an den Graphit gestellt werden, da man weiß, daß solcher Graphit, weil dichter, länger dem Feuer widersteht und die Blättchenstruktur dem Reißen der Tiegel entgegenwirkt, indem bei raschem Temperaturwechsel die Blättchen sich leicht verschieben und dabei doch den Zusammenhang beibehalten. Daher verwendet man zur Tiegelfabrikation z. B. in der großen Fabrik der Patent Plumbago Crucible Company zu Battersee bei London mit Vorliebe den blättrigen Ceylongraphit. (Die in den Krupp'schen Hütten zu Essen angewendeten Gußstahltiegel sollen großentheils aus Schwarzbach'schem Graphit angefertigt werden.)

Ueber die Brennbarkeit verschiedener Graphitsorten und des Diamant's hat Rammelsberg**)

*) Journal f. prakt. Chem., Bd. 95, S. 326 u. Chem. Centralbl. 1865, S. 851.

**) Ber. d. d. chem. Ges. 1873, Bd. 6, S. 188.

Versuche angestellt und beobachtet, daß manche auf schmelzendem Salpeter verbrennen, andere durch denselben gar nicht angegriffen werden. Einzelne Sorten, (z. B. Ticonderoga, Ceylon Nr. II und Hohofengraphit) verbrennen nach Rammelsberg schwerer als Diamant, die letztere Thatsache bestätigt Blindow*). Derselbe überzeugte sich, daß der Diamant leicht entzündet werden kann, wenn man ihn auf ein kleines, auf einem Thonscherben ruhendes Stückchen Magnesiumband legt, und in einer strengflüssigen Glasröhre im Sauerstoffstrom mittelst eines Bunsen'schen Brenners erhitzt. Nach kurzer Zeit verbrennt das Magnesium und entzündet den Diamant, der nun bei mäßigem Sauerstoffzutritt langsam fortbrennt. Da man die entweichende Kohlensäure leicht auffangen kann, empfiehlt Blindow dieses Arrangement für Vorlesungsversuche, fand aber, daß blättriger Ceylongraphit unter gleichen Umständen nicht zur Entzündung gebracht werden kann.

Die Verwendungen des Graphit in der Technik haben neuerdings in dem amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung durch Biedermann eine eingehende Besprechung gefunden. Derselbe erwähnt außer den bekannten Verwendungen des Graphit's zur Fabrikation von Bleistiften, von Schmelztiegeln, zum Anstrich auf Eisenguß, zum Schmieren von Maschinentheilen, zur Herstellung von Platten für die Bunsen'sche Batterie, zum Leitendmachen der in der Galvanoplastik dienenden Gyps-, Guttapercha- und Wachsformen, zum Lüstriren des Schießpulvers 2c., auch die Verwendung des Graphit's in der Papierfabrikation. Man setzt der Papiermasse kurz vor dem Schöpfen Graphitstaub zu. Das so dargestellte graue Papier ist als Nadelpapier oder Rostpapier bekannt und wird zum Einschlagen der Näh- und Stricknadeln und anderer kleiner, feiner Stahlwaaren benutzt. Es soll deren Rosten verhindern. W. R. Lake**) ließ sich folgendes Verfahren zur Darstellung von Rostpapier patentiren: Ungeleimtes Papier wird wie bei der Darstellung von vegetabilischem Pergament in eine Säurelösung getaucht, und wenn seine Oberfläche gelatinisirt erscheint, behende mit Graphit be-

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 19.
**) Dingl. pol. Journ., Bd. 207, S. 260.

streut, sodann schnell mit Wasser, in welchem etwas Soda gelöst ist, gewaschen und sorgfältig getrocknet.

Schwefelkohlenstoff. Eine recht interessante Monographie über die Schwefelkohlenstoffindustrie ist von Dr. O. Braun*) in Berlin geliefert worden. Nach einem Rückblick auf die historische Entwicklung dieses Industriezweiges bespricht der Verf. die Fabrikation des Schwefelkohlenstoffs. Zu Folge seiner Angabe benutzt man hierbei nur die schon von dem Entdecker des Schwefelkohlenstoffs angegebene Methode, Schwefeldampf durch glühende Kohlen zu leiten; der Vorschlag Wagner's, ihn durch Destillation von Schwefelmetallen mit Kohle zu gewinnen ist nach Braun im Großen noch nicht zur Ausführung gekommen. Mit einziger Ausnahme des nur wenig Verbreitung gefunden habenden Apparates von Galy und Cazalat haben alle beschriebenen Apparate große Aehnlichkeit mit einander. Sie bestehen sämmtlich aus einer senkrecht in einen Ofen eingemauerten Retorte, welche neben dem Deckel zwei Oeffnungen hat. Durch die eine der Oeffnungen geht ein gerades, an beiden Seiten offenes Rohr bis fast auf den Boden der Retorte, in die andere ist ein Rohr eingesetzt, das nach einem Kühlapparat führt. Letzterer hat die aus den Lehrbüchern über technische Chemie bekannte Einrichtung, welche den stets auftretenden Gasen freien Abzug gestattet und namentlich eine Verstopfung durch erstarrenden Schwefel verhütet. Wenn man früher thönerne Retorten in Anwendung gebracht hat, so hatte dies nach Braun nur darin seinen Grund, daß man die zur Bildung des Schwefelkohlenstoffs nöthige Temperatur überschätzte; dieselben sind jetzt wohl überall durch gußeiserne Retorten von 50 bis 75 Mm. Wandstärke ersetzt, welche bei zweckmäßiger, eine zu starke Erhitzung verhütender Einmauerung mehrere Monate halten, sodaß man aus einer Retorte, welche 1000 bis 2000 Kgr. wiegt, 20,000 Kgr. und mehr Schwefelkohlenstoff bereiten kann. Dabei verwandelt sich die Retorte unter erheblicher Vergrößerung des Volums fast ganz in Schwefeleisen. Bei unzweckmäßiger Einmauerung oder schlechter Qualität des Eisens kann aber allerdings eine Retorte auch schon in wenig Tagen unbrauchbar werden. Die

*) Amtl. Ber. über die Wiener Weltausst. Bd. III, S. 260.

Retorten werden stets senkrecht eingemauert, da sich horizontale ganz unbrauchbar erwiesen. Man hat deren 1 bis 4 in einen Ofen aufgestellt und hat ihnen einen Durchmesser bis zu 1 M. und eine Höhe über 2 M. gegeben, doch soll der Durchmesser nach Braun's Erfahrungen 0,4 M. nicht erheblich übersteigen, weil man sonst die Temperatur am Umfange bis zu schädlicher Höhe steigern muß um sie in der Mitte hoch genug zu haben; deshalb erscheinen elliptische Retorten zweckmäßig, wie solche von Gérard in Grenelle beschrieben worden sind.

Auch die Handhabung des Apparates ist durchgängig dieselbe. Braun beschreibt sie wie folgt: Nachdem die Retorte bis zum oberen Rande mit Holzkohle (oder Kok) angefüllt, der Deckel aufgesetzt, die Verbindung mit dem Kühlapparat hergestellt und durch das unter der Retorte angezündete Feuer die Kohle in derselben zum Glühen gekommen ist, wird durch das bis auf dem Boden reichende Rohr Schwefel in Stücken eingeworfen. Das Rohr wird durch einen Stopfen von feuchtem Lehm oder dergleichen jedes Mal sofort geschlossen. Der auf dem glühenden Retortenboden schnell verdampfende Schwefel verbindet sich, die glühende Kohle von unten nach oben durchstreichend, mit Kohlenstoff und wird im Kühlapparat zu flüssigem Schwefelkohlenstoff verdichtet. Der Betrieb ist continuirlich; das Zuschütten des Schwefels findet ungefähr alle 10 Minuten statt, das der Kohle aller 12 bis 24 Stunden. Der größte Uebelstand bei der Fabrikation ist das so oft nöthig werdende gänzliche Entleeren der Retorte um die Rückstände von Kohle und Schwefel zu entfernen. Dies ist nicht nur eine sehr unangenehme Arbeit, bei welcher die Arbeiter sehr der Hitze und den Dämpfen des brennenden Schwefelkohlenstoffs ausgesetzt sind, sondern verursacht auch erheblichen Material- und Zeitverlust. Daher hat Deiß durch Anbringen eines Rostes in etwa 1/4 der Höhe der Retorte im untern Theile derselben einen Raum zur Ansammlung der Rückstände von Kohle und Schwefel geschaffen, ähnlich dem Aschenraume eines gewöhnlichen Ofens. Ein erheblicher Fortschritt war es ferner, den Schwefel nicht mehr starr oder flüssig, sondern als Dampf in der Retorte zu der Kohle treten zu lassen, weil man so im Stande ist, einen weniger reinen Schwefel anzuwenden.

Der oben erwähnte, in seiner Construction von den be-

schriebenen abweichende Ofen, welchen Galy, Cazalat und Huillard in England patentirt erhielten, besteht aus einer Retorte, in welcher durch Verbrennung eines Theiles der Kohle der Rest derselben zum Glühen kommt. Der große cylindrische Ofen ist durch einen doppelten Rost von feuerfestem Thon in zwei, ziemlich gleich große Abtheilungen geschieden. Die obere Abtheilung läuft in einen kurzen Schornstein aus, welcher durch eine Klappe geschlossen werden kann. Um den Schornstein liegt ein ringförmiges eisernes Gefäß, aus welchem durch einen Hahn der zu verarbeitende Schwefel flüssig in den oberen Theil des Ofens gelassen wird. Der untere Theil des Ofens kann durch ein Rohr in der Nähe des Bodens mit einem Kühlapparat in Verbindung gesetzt werden, und hat überdies eine verschließbare Oeffnung, durch welche er mit Kok gefüllt wird, und eine zweite dicht über dem Boden zum Lufteinlassen.

Die Arbeit mit diesem Ofen vollzieht sich in folgender Weise: Nachdem man in dem unteren Raume ein Kokfeuer angezündet hat, wird derselbe ganz mit Kok gefüllt und bei geöffneter Klappe des Schornsteins und unterbrochener Verbindung mit dem Kühlapparate das Feuer so lange unterhalten bis der ganze Inhalt des Ofens hellroth glüht und der Schwefel im ringförmigem Gefäße geschmolzen ist. Dann schließt man die Schornsteinklappe, sperrt den Zutritt der Luft zu dem Koke ab, verbindet den unteren Raum mit der Kühlung und läßt Schwefel auf den glühenden Doppelrost fließen. Der sehr rasch verdampfende Schwefel durchdringt den glühenden Kok von oben nach unten und entweicht als Schwefelkohlenstoff nach dem Kühlapparat. Wenn nach einiger Zeit die Temperatur des Kokes soweit gesunken ist, daß sich kein Schwefelkohlenstoff mehr bildet, wird der Zufluß des Schwefels und die Verbindung des Ofens mit dem Kühlapparat unterbrochen, die Schornsteinklappe und der Luftzutritt zu dem Kok dagegen geöffnet. Der dann im Ofen befindliche Schwefelkohlenstoff- und Schwefeldampf verbrennt, ein Theil des Koks ebenfalls, der Ofen erhitzt sich wieder, neuer Schwefel wird in das ringförmige Gefäß eingetragen, Kok nachgeworfen und das Spiel beginnt von Neuem.

Dieser Apparat würde jedenfalls ganz vorzüglich sein, wenn durch die Verbindung von Schwefel mit Kohlenstoff

Wärme frei würde. Leider ist es aber umgekehrt, es wird Wärme*) gebunden, sodaß es zu oft nöthig wird den Luftzutritt zu erneuern. Offenbar geht nun jedes Mal bei der Zuführung von Luft eine Quantität Schwefel durch Verbrennen für die Schwefelkohlenstoffbildung verloren, und daher mag es kommen, daß der Apparat trotz der Vortheile, die er bietet, keine Verbreitung gefunden hat.

Bekanntlich bilden sich neben dem Schwefelkohlenstoff immer auch Schwefelwasserstoff und andere flüchtige, schwefelhaltige und meist sehr übelriechende Verbindungen. Ein Theil derselben löst sich in dem condensirten Schwefelkohlenstoff, ertheilt demselben einen äußerst widerwärtigen Geruch und bedingt eine Reinigung des Rohprodukts; ein anderer Theil dieser Gase entweicht und belästigt die Arbeiter wie die Nachbarschaft. Uebrigens vermindert das Auftreten dieser Gase die Ausbeute an Schwefelkohlenstoff nicht nur dadurch, daß sie schwefelhaltig sind, sondern auch noch dadurch, daß sie gesättigt mit Schwefelkohlenstoffdampf aus dem Kühlapparat entweichen. Die Menge dieser Gase nimmt mit dem Gehalte der Holzkohle oder Koke an Wasserstoff, Sauerstoff und mit der vorhandenen Feuchtigkeit sehr zu; es ist deshalb sehr vortheilhaft, die Kohle unmittelbar vor dem Einfüllen in die Retorte auszuglühen.

Kurz zusammengefaßt kommt es nach Braun bei der Schwefelkohlenstoffbereitung hauptsächlich darauf an, eine dichte — nach den bisherigen Erfahrungen gußeiserne — Retorte mit recht reiner d. h. kohlenstoffreicher Holzkohle (oder Kok) möglichst gefüllt, (vergl. Bd. V, S. 278) sehr gleichmäßig bei mittlerer Rothgluth (vergl. Bd. VI, S. 204) zu erhalten, die Dämpfe von trockenen Schwefel zu der Kohle treten zu lassen und rechtzeitig die Rückstände der Kohle und des Schwefels aus dem Apparate zu entfernen.

Reinigung des Schwefelkohlenstoffs. — Da der rohe Schwefelkohlenstoff immer Schwefelwasserstoff und, wie vorhin erwähnt wurde, andere übelriechende, noch nicht genügend untersuchte, flüchtige Verbindungen, überdies sehr beträchtliche Mengen freien Schwefels enthält, muß er, bevor er in den

*) Berthelot, Comptes rendus t. 67, p. 1251; Chem. Centralbl. 1869, S. 333.

Handel gelangt, einer Destillation unterworfen werden, welche mit einem nicht geringen, bisweilen auf 25 Proc. sich erhebenden Verluste verbunden ist.

Ein völlig reines Produkt kann man jedoch durch Destillation allein, auch wenn sie oft wiederholt wird, nicht erhalten. Sidot empfahl daher behufs der vollständigen Reinigung eine Behandlung mit metallischem Quecksilber, Cloez eine Behandlung mit Quecksilberchlorid und geruchlosem Fett (Bd. VI, S. 204). Sehr reinen Schwefelkohlenstoff erhält man durch wiederholtes Abdestilliren aus reinem fettem Oel. So lange die Reinigung noch nicht vollständig ist, nimmt das Oel einen widerwärtigen Geruch an und wird schwefelhaltig. Dadurch ist auch der Schwefelkohlenstoff in schlimmeren Ruf gekommen als er verdient. Reiner Schwefelkohlenstoff läßt sich aus dem Oel vollständig wieder austreiben. Auch Friedburg*) bezeichnet die durch oftmaliges Destilliren über ein reines farbloses Pflanzenfett bewirkte Reinigung des Schwefelkohlenstoffs als die zweckmäßigste, namentlich für den Betrieb im Großen. Allerdings konnte er in dem so gereinigten Schwefelkohlenstoff einen geringen Gehalt an einem Fettkörper nachweisen; um auch diesen zu entfernen und also absolut reinen Schwefelkohlenstoff zu gewinnen empfiehlt er den über Pflanzenfett (Palmöl) gereinigten Schwefelkohlenstoff mit rother rauchender Salpetersäure gemischt unter öfterem Umschütteln 24 Stunden stehen zu lassen, dann kaltes Wasser zuzufügen und den von der Salpetersäure getrennten Schwefelkohlenstoff zu destilliren. Das Destillat noch einige Male mit Wasser gewaschen, vom Wasser getrennt, filtrirt und destillirt ist nach Friedburg chemisch reiner Schwefelkohlenstoff. Man vermeide hierbei die Anwendung jodhaltiger Salpetersäure, deren Jodgehalt dem Schwefelkohlenstoff eine violette Färbung**) ertheilen würde.

Unter den Anwendungen, welche der Schwefelkohlenstoff erfährt, ist unstreitig die wichtigste die zum Extrahiren der Fette (Bd. IX, S. 325). Braun beschreibt a. a. O. die von ihm zur Anwendung gebrachten Extractionsvorrichtungen,

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 1617.
**) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 127 u. 128.

mit Hülfe deren es ihm in der Fabrik der Gebr. Braun in Moabit bei Berlin gelingt in 12 Arbeitsstunden 50,000 Kilo Palmkerne zu extrahiren, auch unterwirft er die wesentlichsten der früher beschriebenen, resp. patentirten Extractionsapparate einer eingehenden Besprechung, beziehentlich Beurtheilung. Da indessen die erste Anwendung der Mehrzahl dieser Apparate nicht in die letzten Jahre fällt, und da diese Apparate überdies zum Theil ziemlich complicirt sind, sodaß eine speciellere Beschreibung derselben ohne Zeichnungen kaum verständlich sein dürfte, so glauben wir hier von einer solchen absehen zu sollen.*)

Bekanntlich hat man sich auch der flüchtigeren Antheile des Petroleums statt des Schwefelkohlenstoffs zum Extrahiren der Fette bedient, und namentlich Vohl**) hat die Verwendung der flüchtigeren Petroleumdestillate, denen er den Namen Canadol giebt, sehr empfohlen; auch de Hall***) hat sich für die Verwendung derselben zum Entfetten der rohen Wolle ausgesprochen und Hirzel hat sich die Anwendung der leichtflüchtigen Petroleumkörper zum Zwecke der Fettextraction in verschiedenen Ländern patentiren lassen. Von anderer Seite, so von Richter†) und von Kurtz††) wird indessen lebhaft bestritten, daß die Petroleumdestillate vor dem Schwefelkohlenstoff den Vorzug verdienen, und auch Braun giebt an, daß er, nachdem er mit ersteren in seiner Fabrik in Melsungen

*) Genauere Mittheilungen über die zur Extraction der Fette mittelst Schwefelkohlenstoff dienenden Apparate finden sich in folgenden Abhandlungen: Ueber den Apparat von Eduard Deiß: Pol. Centralbl. 1857, S. 205 und 1861, S. 317 — über den App. v. Seyferth in Langensalza, ebend. 1858, S. 732 und 1860, S. 1070 — über Löwenberg's App. Pol. Centralbl. 1862, S. 933 — über Bonière's App. Dingl. pol. Journ. 1863, Bd. 169, S. 69 — über Lunge's App. Pol. Centralbl. 1864, S. 124 — über Moison's App., der nach Braun eine Nachahmung des Deiß'schen ist, Pol. Centralbl. 1864, S. 330 — über den App. von E. van Hächt in Molenbeck- St. Jean bei Brüssel mit Abbildungen nach einem auf der Wiener Ausstellung ausgestelltem Modell, Grothe's allg. deutsche pol. Zeitung 1874, S. 123 — über Heyl's App., Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausst. Bd. 3, S. 271.

**) Dingl. pol. J., Bd. 182, S. 319 u. Bd. 201, S. 165 u. 171.

***) Deutsche Industriezeitung 1873, S. 35.

†) Dingl. pol. Journ., Bd. 183, S. 254.

††) Dingl. pol. Journ., Bd. 184, S. 362.

Jahre lang Wollabfälle extrahirt habe, schließlich doch wieder zur Anwendung des Schwefelkohlenstoffs zurückgekehrt sei, da er die Erfahrung gemacht habe, daß nicht nur das Lösungsvermögen der Petroleumdestillate für unverändertes Fett sehr viel geringer sei als das des Schwefelkohlenstoffs, sondern daß auch manche Arten Abfälle, namentlich solche, welche feucht gelegen hatten, oder sehr alt waren, klebriges Fett enthielten, welche aber mit Schwefelkohlenstoff recht gut zu reinigen waren, sich mit den flüchtigen Destillationsprodukten des Petroleums nicht bearbeiten ließen.

Am 3. Dec. 1874 hat Braun auf ein Verfahren, Wolle und andere Stoffe mit Aether zu extrahiren, in Preußen ein Patent erhalten.

Versuche den Schwefelkohlenstoffdampf zum Betriebe von Dampfmaschinen zu verwenden, sind schon vor längerer Zeit von Seyferth in Braunschweig angestellt worden. Neuerdings sind in Amerika Ellis und Andere auf diesen Gegenstand zurückgekommen. Dingler's polytechnisches Journal*) theilt hierüber nach Berichten, welche amerikanische Blätter brachten, mit, daß man den von einer gewöhnlichen Dampfmaschine abgehenden Wasserdampf auf einen Oberflächencondensator führt, dessen Röhren mit einer leicht verdampfbaren Flüssigkeit, die hauptsächlich aus Schwefelkohlenstoff besteht, umgeben sind. Die Wärme des abgehenden Wasserdampfes ist ausreichend, erwähnte Flüssigkeit sehr schnell in Dampf von 3 bis 4 Atmospären Ueberdruck zu verwandeln, sodaß mit diesem secundären Dampfe eine zweite gleich starke oder sogar stärkere Maschine als die erste, betrieben werden kann. Der aus der letzteren entweichende Schwefelkohlenstoffdampf wird in einer eisernen Spirale condensirt, über welche mittelst eines Ventilators Luft geblasen wird, die einen feinen Wasserregen mit sich führt, und der condensirte Schwefelkohlenstoff wird nach dem Verdampfungsapparate, der durch den zuerst genannten Oberflächencondensator gebildet wird, zurück gepumpt. Auf diese Weise soll der Verlust an Schwefelkohlenstoff sehr gering sein und in 10 Stunden nicht mehr als ungefähr 1,5 Proc. betragen.

*) Dingl. pol. Journ. 1873, Bd. 208, S. 233.

In einem beispielsweise angeführten Falle waren im Ganzen 35 Gallonen Schwefelkohlenstoffflüssigkeit zur Füllung des Verdampfungsapparates nothwendig, wovon in 10 Stunden eine halbe Gallone im Werthe von einem halben Dollar verloren ging.

Bekannt ist, daß der Schwefelkohlenstoff seiner giftigen Eigenschaften wegen von Cloez*) zur Vertilgung der Ratten, von Varrentrap**) zur Vertilgung der Motten empfohlen worden ist. Auch zur Vertilgung der Reblaus***) (Phylloxera), der Plage der Weinbergsbesitzer vieler Gegenden ist er verwendet worden (siehe unten). In neuster Zeit empfiehlt Zöller†) denselben als Conservirungs- und Desinfectionsmittel. Er bewahrte verschiedene Nahrungsmittel, als Fleisch, Brod, Obst, in einer bei gewöhnlicher Temperatur mit Schwefelkohlenstoffdämpfen gesättigten Atmosphäre (neben einem mit Schwefelkohlenstoff gefülltem Napf unter einer durch Wasser abgesperrten Glasglocke) circa einen Monat lang auf und fand dieselben nach Ablauf dieser Zeit noch völlig frei von Fäulniß und Schimmelbildung. Harn in derselben Weise bei 15—24° C. einer schwefelkohlenstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt, zeigte nach 18 Tagen zwar eine Trübung aber keine Zersetzung. und hatte keine alkalische Reaction angenommen. In Zuckerlösungen, die sich in voller Gährung befanden, wurde dadurch, daß man sie neben Schwefelkohlenstoff unter eine Glasglocke brachte, die Gährung binnen 12 Stunden zum Stillstand gebracht. Zöller, der sich weitere Versuche über diesen Gegenstand vorbehält, glaubt, daß so behandelte Nahrungsmittel an ihrer Verwendbarkeit zum Genuß nicht verloren haben, und daß somit der Schwefelkohlenstoff als Mittel zur Conservirung von Nahrungsmitteln von außerordentlichem Werthe sei.

Auch H. Schiff††) bestätigt die conservirende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs. Derselbe hat unter anderen eine

*) Compt. rend. t. 63, p. 85.
**) Mittheil. des Gewerbevereins des Herzogthum Braunschweig 1865, S. 73.
***) Verschiedene Mittheilungen von Dumas in Compt. rend. t. 78.
†) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 707 u. 1080.
††) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 828.

Eidechse und ebenso Hühnergedärme in geschlossenen Gefäßen, die etwas Schwefelkohlenstoff enthielten, sieben Jahre lang aufbewahrt. Die Objekte haben eine graue Farbe angenommen, haben sich aber im Uebrigen völlig unverändert erhalten und sind namentlich ohne jede Spur von Fäulnißgeruch.

Bezüglich der sonstigen technischen Verwendungen des Schwefelkohlenstoffs sei kurz erinnert an die zur Extraction des Duftes der Blumen nach Millons Verfahren, über welches Barreswil*) einen günstigen Bericht erstattet hat, an die zur Extraction von Gewürzen, als Pfeffer u. dergl., ferner an die Verwendung bei Verarbeitung neuen Kautschuks und bei der Umarbeitung alter Kautschukgegenstände. Bolley**) empfiehlt eine Lösung von Kautschuk in Schwefelkohlenstoff als einen vortrefflichen Firniß für Landkarten, Etiquetten und dergl. und in ähnlicher Weise hat man eine Lösung von Wachs in Schwefelkohlenstoff bei Fabrikation des Wachspapiers mit Vortheil verwendet. Da sich feste Fette weit weniger leicht in Schwefelkohlenstoff lösen, als flüssige, mit denen er sich in jedem Verhältnisse mischt, so hat Deiß vorgeschlagen, dem zu pressenden Stearin eine kleine Menge Schwefelkohlenstoff zuzusetzen, um hierdurch die Trennung des Oleins zu erleichtern. Der Extraction des Schwefels aus den Schwefelerzen mittelst Schwefelkohlenstoff wurde im vorigen Jahrgange (Bd. XI, S. 318) gedacht und ebenso der für photographische Zwecke dienenden Stickstoffoxyd-Schwefelkohlenstofflampe Sell's (Bd. XI, S. 308).

Sulfocarbonate. Wie bekannt, kann man den Schwefelkohlenstoff als eine Kohlensäure CO_2 betrachten, in welcher die beiden Sauerstoffatome durch Schwefel ersetzt sind; und wie die Kohlensäure mit Metalloxyden Salze bildet, die man als von einem hypothetischem Kohlensäurehydrat ($CO_2 + OH_2 = CO_3H_2 = CO\begin{cases}OH\\OH\end{cases}$) sich ableitend betrachten kann, so bildet auch der Schwefelkohlenstoff, wenn man ihn mit den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle oder der Erdmetalle zusam-

*) Ann. du Cons. des arts et métiers IV. 273.

**) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. III, S. 276 und Wagner's Jahresber. 1860, S. 552.

menbringt, Salze, die man als von einer Säure $CS_2 + SH_2 = CS_3H_2 = CS\begin{cases}SH\\SH\end{cases}$ derivirend ansehen kann. Man nennt diese Salze Sulfocarbonate, die Säure CS_3H_2 selbst Sulfocarbonsäure, oder auch Trisulfucarbonsäure da sie sich als ein Kohlensäurehydrat betrachten läßt, in welchem alle drei Sauerstoffatome durch 3 Schwefelatome ersetzt sind. So erhält man z. B. das Kaliumsulfocarbonat CS_3K_2 durch Versetzen einer concentrirten weingeistigen Lösung von einfach Schwefelkalium K_2S mit soviel Schwefelkohlenstoff, als sich darin aufzulösen vermag, und Abdampfen der hierbei am Boden des Gefäßes sich ansammelnden, dunkelgelben, öligen Schicht bei 30° C. Aus der zur Syrupsconsistenz gebrachten Flüssigkeit schießt beim Erkalten das Kaliumsulfocarbonat als ein Krystallwasser enthaltendes, gelbes, sehr zerfließliches Salz an, das, wie alle Sulfocarbonate, wenig beständig ist. Wird das trockene Kalisalz mit wenig verdünnter Salzsäure übergossen und die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt, so scheidet sich die freie Trisulfocarbonsäure CS_3H_2 in Form schwerer öliger Tropfen ab. Dieselbe hat große Neigung sich in Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff zu zersetzen ($CS_3H_2 = CS_2 + H_2S$). Selbst unter der Einwirkung der Kohlensäure der Luft werden die Sulfocarbonate unter Entwicklung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff zersetzt, welche letztere in Folge der Spaltung der zunächst frei werdenden Trisulfocarbonsäure auftreten.

Während die Sulfocarbonate bisher im Wesentlichen nur ein wissenschaftliches Interesse gewährten, so scheinen dieselben, insbesondere das Kaliumsulfocarbonat, gegenwärtig auch zu einer industriellen Bedeutung gelangen zu sollen und zwar beruht ihre Verwendung auf ihrer leichten Zersetzbarkeit und dem Umstande, daß sie sich unter langsamer Entwicklung von Schwefelkohlenstoff zersetzen.

Da man nämlich — wie schon erwähnt wurde — in dem Schwefelkohlenstoff ein sehr wirksames Vertilgungsmittel der Reblaus (Phylloxera) erkannt hatte, die unmittelbare Verwendung desselben zum Desinficiren der Weinberge aber hauptsächlich seiner großen Flüchtigkeit wegen mit Schwierigkeiten verbunden war, so schlug der bekannte französische Chemiker

schriebenen abweichende Ofen, welchen Galy, Cazalat und Huillard in England patentirt erhielten, besteht aus einer Retorte, in welcher durch Verbrennung eines Theiles der Kohle der Rest derselben zum Glühen kommt. Der große cylindrische Ofen ist durch einen doppelten Rost von feuerfestem Thon in zwei, ziemlich gleich große Abtheilungen geschieden. Die obere Abtheilung läuft in einen kurzen Schornstein aus, welcher durch eine Klappe geschlossen werden kann. Um den Schornstein liegt ein ringförmiges eisernes Gefäß, aus welchem durch einen Hahn der zu verarbeitende Schwefel flüssig in den oberen Theil des Ofens gelassen wird. Der untere Theil des Ofens kann durch ein Rohr in der Nähe des Bodens mit einem Kühlapparat in Verbindung gesetzt werden, und hat überdies eine verschließbare Oeffnung, durch welche er mit Kok gefüllt wird, und eine zweite dicht über dem Boden zum Lufteinlassen.

Die Arbeit mit diesem Ofen vollzieht sich in folgender Weise: Nachdem man in dem unteren Raume ein Kokfeuer angezündet hat, wird derselbe ganz mit Kok gefüllt und bei geöffneter Klappe des Schornsteins und unterbrochener Verbindung mit dem Kühlapparate das Feuer so lange unterhalten bis der ganze Inhalt des Ofens hellroth glüht und der Schwefel im ringförmigem Gefäße geschmolzen ist. Dann schließt man die Schornsteinklappe, sperrt den Zutritt der Luft zu dem Koke ab, verbindet den unteren Raum mit der Kühlung und läßt Schwefel auf den glühenden Doppelrost fließen. Der sehr rasch verdampfende Schwefel durchdringt den glühenden Kok von oben nach unten und entweicht als Schwefelkohlenstoff nach dem Kühlapparat. Wenn nach einiger Zeit die Temperatur des Kokes soweit gesunken ist, daß sich kein Schwefelkohlenstoff mehr bildet, wird der Zufluß des Schwefels und die Verbindung des Ofens mit dem Kühlapparat unterbrochen, die Schornsteinklappe und der Luftzutritt zu dem Kok dagegen geöffnet. Der dann im Ofen befindliche Schwefelkohlenstoff- und Schwefeldampf verbrennt, ein Theil des Koks ebenfalls, der Ofen erhitzt sich wieder, neuer Schwefel wird in das ringförmige Gefäß eingetragen, Kok nachgeworfen und das Spiel beginnt von Neuem.

Dieser Apparat würde jedenfalls ganz vorzüglich sein, wenn durch die Verbindung von Schwefel mit Kohlenstoff

Wärme frei würde. Leider ist es aber umgekehrt, es wird Wärme*) gebunden, sodaß es zu oft nöthig wird den Luftzutritt zu erneuern. Offenbar geht nun jedes Mal bei der Zuführung von Luft eine Quantität Schwefel durch Verbrennen für die Schwefelkohlenstoffbildung verloren, und daher mag es kommen, daß der Apparat trotz der Vortheile, die er bietet, keine Verbreitung gefunden hat.

Bekanntlich bilden sich neben dem Schwefelkohlenstoff immer auch Schwefelwasserstoff und andere flüchtige, schwefelhaltige und meist sehr übelriechende Verbindungen. Ein Theil derselben löst sich in dem condensirten Schwefelkohlenstoff, ertheilt demselben einen äußerst widerwärtigen Geruch und bedingt eine Reinigung des Rohprodukts; ein anderer Theil dieser Gase entweicht und belästigt die Arbeiter wie die Nachbarschaft. Uebrigens vermindert das Auftreten dieser Gase die Ausbeute an Schwefelkohlenstoff nicht nur dadurch, daß sie schwefelhaltig sind, sondern auch noch dadurch, daß sie gesättigt mit Schwefelkohlenstoffdampf aus dem Kühlapparat entweichen. Die Menge dieser Gase nimmt mit dem Gehalte der Holzkohle oder Koke an Wasserstoff, Sauerstoff und mit der vorhandenen Feuchtigkeit sehr zu; es ist deshalb sehr vortheilhaft, die Kohle unmittelbar vor dem Einfüllen in die Retorte auszuglühen.

Kurz zusammengefaßt kommt es nach Braun bei der Schwefelkohlenstoffbereitung hauptsächlich darauf an, eine dichte — nach den bisherigen Erfahrungen gußeiserne — Retorte mit recht reiner d. h. kohlenstoffreicher Holzkohle (oder Kok) möglichst gefüllt, (vergl. Bd. V, S. 278) sehr gleichmäßig bei mittlerer Rothgluth (vergl. Bd. VI, S. 204) zu erhalten, die Dämpfe von trockenen Schwefel zu der Kohle treten zu lassen und rechtzeitig die Rückstände der Kohle und des Schwefels aus dem Apparate zu entfernen.

Reinigung des Schwefelkohlenstoffs. — Da der rohe Schwefelkohlenstoff immer Schwefelwasserstoff und, wie vorhin erwähnt wurde, andere übelriechende, noch nicht genügend untersuchte, flüchtige Verbindungen, überdies sehr beträchtliche Mengen freien Schwefels enthält, muß er, bevor er in den

*) Berthelot, Comptes rendus t. 67, p. 1251; Chem. Centralbl. 1869, S. 333.

Handel gelangt, einer Destillation unterworfen werden, welche mit einem nicht geringen, bisweilen auf 25 Proc. sich erhebenden Verluste verbunden ist.

Ein völlig reines Produkt kann man jedoch durch Destillation allein, auch wenn sie oft wiederholt wird, nicht erhalten. Sidot empfahl daher behufs der vollständigen Reinigung eine Behandlung mit metallischem Quecksilber, Cloez eine Behandlung mit Quecksilberchlorid und geruchlosem Fett (Bd. VI, S. 204). Sehr reinen Schwefelkohlenstoff erhält man durch wiederholtes Abdestilliren aus reinem fettem Oel. So lange die Reinigung noch nicht vollständig ist, nimmt das Oel einen widerwärtigen Geruch an und wird schwefelhaltig. Dadurch ist auch der Schwefelkohlenstoff in schlimmeren Ruf gekommen als er verdient. Reiner Schwefelkohlenstoff läßt sich aus dem Oel vollständig wieder austreiben. Auch Friedburg*) bezeichnet die durch oftmaliges Destilliren über ein reines farbloses Pflanzenfett bewirkte Reinigung des Schwefelkohlenstoffs als die zweckmäßigste, namentlich für den Betrieb im Großen. Allerdings konnte er in dem so gereinigten Schwefelkohlenstoff einen geringen Gehalt an einem Fettkörper nachweisen; um auch diesen zu entfernen und also absolut reinen Schwefelkohlenstoff zu gewinnen empfiehlt er den über Pflanzenfett (Palmöl) gereinigten Schwefelkohlenstoff mit rother rauchender Salpetersäure gemischt unter öfterem Umschütteln 24 Stunden stehen zu lassen, dann kaltes Wasser zuzufügen und den von der Salpetersäure getrennten Schwefelkohlenstoff zu destilliren. Das Destillat noch einige Male mit Wasser gewaschen, vom Wasser getrennt, filtrirt und destillirt ist nach Friedburg chemisch reiner Schwefelkohlenstoff. Man vermeide hierbei die Anwendung jodhaltiger Salpetersäure, deren Jodgehalt dem Schwefelkohlenstoff eine violette Färbung**) ertheilen würde.

Unter den Anwendungen, welche der Schwefelkohlenstoff erfährt, ist unstreitig die wichtigste die zum Extrahiren der Fette (Bd. IX, S. 325). Braun beschreibt a. a. O. die von ihm zur Anwendung gebrachten Extractionsvorrichtungen,

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 1617.
**) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 127 u. 128.

mit Hülfe deren es ihm in der Fabrik der Gebr. Braun in Moabit bei Berlin gelingt in 12 Arbeitsstunden 50,000 Kilo Palmkerne zu extrahiren, auch unterwirft er die wesentlichsten der früher beschriebenen, resp. patentirten Extractionsapparate einer eingehenden Besprechung, beziehentlich Beurtheilung. Da indessen die erste Anwendung der Mehrzahl dieser Apparate nicht in die letzten Jahre fällt, und da diese Apparate überdies zum Theil ziemlich complicirt sind, sodaß eine speciellere Beschreibung derselben ohne Zeichnungen kaum verständlich sein dürfte, so glauben wir hier von einer solchen absehen zu sollen.*)

Bekanntlich hat man sich auch der flüchtigeren Antheile des Petroleums statt des Schwefelkohlenstoffs zum Extrahiren der Fette bedient, und namentlich Vohl**) hat die Verwendung der flüchtigeren Petroleumdestillate, denen er den Namen Canadol giebt, sehr empfohlen; auch de Hall***) hat sich für die Verwendung derselben zum Entfetten der rohen Wolle ausgesprochen und Hirzel hat sich die Anwendung der leichtflüchtigen Petroleumkörper zum Zwecke der Fettextraction in verschiedenen Ländern patentiren lassen. Von anderer Seite, so von Richter†) und von Kurtz††) wird indessen lebhaft bestritten, daß die Petroleumdestillate vor dem Schwefelkohlenstoff den Vorzug verdienen, und auch Braun giebt an, daß er, nachdem er mit ersteren in seiner Fabrik in Melsungen

*) Genauere Mittheilungen über die zur Extraction der Fette mittelst Schwefelkohlenstoff dienenden Apparate finden sich in folgenden Abhandlungen: Ueber den Apparat von Eduard Deiß: Pol. Centralbl. 1857, S. 205 und 1861, S. 317 — über den App. v. Seyferth in Langensalza, ebend. 1858, S. 732 und 1860, S. 1070 — über Löwenberg's App. Pol. Centralbl. 1862, S. 933 — über Bonière's App. Dingl. pol. Journ. 1863, Bd. 169, S. 69 — über Lunge's App. Pol. Centralbl. 1864, S. 124 — über Moison's App., der nach Braun eine Nachahmung des Deiß'schen ist, Pol. Centralbl. 1864, S. 330 — über den App. von E. van Hächt in Molenbeck-St. Jean bei Brüssel mit Abbildungen nach einem auf der Wiener Ausstellung ausgestelltem Modell, Grothe's allg. deutsche pol. Zeitung 1874, S. 123 — über Heyl's App., Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausst. Bd. 3, S. 271.

**) Dingl. pol. J., Bd. 182, S. 319 u. Bd. 201, S. 165 u. 171.

***) Deutsche Industriezeitung 1873, S. 35.

†) Dingl. pol. Journ., Bd. 183, S. 254.

††) Dingl. pol. Journ., Bd. 184, S. 362.

Jahre lang Wollabfälle extrahirt habe, schließlich doch wieder zur Anwendung des Schwefelkohlenstoffs zurückgekehrt sei, da er die Erfahrung gemacht habe, daß nicht nur das Lösungsvermögen der Petroleumdestillate für unverändertes Fett sehr viel geringer sei als das des Schwefelkohlenstoffs, sondern daß auch manche Arten Abfälle, namentlich solche, welche feucht gelegen hatten, oder sehr alt waren, klebriges Fett enthielten, welche aber mit Schwefelkohlenstoff recht gut zu reinigen waren, sich mit den flüchtigen Destillationsprodukten des Petroleums nicht bearbeiten ließen.

Am 3. Dec. 1874 hat Braun auf ein Verfahren, Wolle und andere Stoffe mit Aether zu extrahiren, in Preußen ein Patent erhalten.

Versuche den Schwefelkohlenstoffdampf zum Betriebe von Dampfmaschinen zu verwenden, sind schon vor längerer Zeit von Seyferth in Braunschweig angestellt worden. Neuerdings sind in Amerika Ellis und Andere auf diesen Gegenstand zurückgekommen. Dingler's polytechnisches Journal*) theilt hierüber nach Berichten, welche amerikanische Blätter brachten, mit, daß man den von einer gewöhnlichen Dampfmaschine abgehenden Wasserdampf auf einen Oberflächencondensator führt, dessen Röhren mit einer leicht verdampfbaren Flüssigkeit, die hauptsächlich aus Schwefelkohlenstoff besteht, umgeben sind. Die Wärme des abgehenden Wasserdampfes ist ausreichend, erwähnte Flüssigkeit sehr schnell in Dampf von 3 bis 4 Atmospären Ueberdruck zu verwandeln, sodaß mit diesem secundären Dampfe eine zweite gleich starke oder sogar stärkere Maschine als die erste, betrieben werden kann. Der aus der letzteren entweichende Schwefelkohlenstoffdampf wird in einer eisernen Spirale condensirt, über welche mittelst eines Ventilators Luft geblasen wird, die einen feinen Wasserregen mit sich führt, und der condensirte Schwefelkohlenstoff wird nach dem Verdampfungsapparate, der durch den zuerst genannten Oberflächencondensator gebildet wird, zurück gepumpt. Auf diese Weise soll der Verlust an Schwefelkohlenstoff sehr gering sein und in 10 Stunden nicht mehr als ungefähr 1,5 Proc. betragen.

---

*) Dingl. pol. Journ. 1873, Bd. 208, S. 233.

In einem beispielsweise angeführten Falle waren im Ganzen 35 Gallonen Schwefelkohlenstoffflüssigkeit zur Füllung des Verdampfungsapparates nothwendig, wovon in 10 Stunden eine halbe Gallone im Werthe von einem halben Dollar verloren ging.

Bekannt ist, daß der Schwefelkohlenstoff seiner giftigen Eigenschaften wegen von Cloez*) zur Vertilgung der Ratten, von Varrentrap**) zur Vertilgung der Motten empfohlen worden ist. Auch zur Vertilgung der Reblaus***) (Phylloxera), der Plage der Weinbergsbesitzer vieler Gegenden ist er verwendet worden (siehe unten). In neuster Zeit empfiehlt Zöller†) denselben als Conservirungs- und Desinfectionsmittel. Er bewahrte verschiedene Nahrungsmittel, als Fleisch, Brod, Obst, in einer bei gewöhnlicher Temperatur mit Schwefelkohlenstoffdämpfen gesättigten Atmosphäre (neben einem mit Schwefelkohlenstoff gefülltem Napf unter einer durch Wasser abgesperrten Glasglocke) circa einen Monat lang auf und fand dieselben nach Ablauf dieser Zeit noch völlig frei von Fäulniß und Schimmelbildung. Harn in derselben Weise bei 15—24° C. einer schwefelkohlenstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt, zeigte nach 18 Tagen zwar eine Trübung aber keine Zersetzung. und hatte keine alkalische Reaction angenommen. In Zuckerlösungen, die sich in voller Gährung befanden, wurde dadurch, daß man sie neben Schwefelkohlenstoff unter eine Glasglocke brachte, die Gährung binnen 12 Stunden zum Stillstand gebracht. Zöller, der sich weitere Versuche über diesen Gegenstand vorbehält, glaubt, daß so behandelte Nahrungsmittel an ihrer Verwendbarkeit zum Genuß nicht verloren haben, und daß somit der Schwefelkohlenstoff als Mittel zur Conservirung von Nahrungsmitteln von außerordentlichem Werthe sei.

Auch H. Schiff††) bestätigt die conservirende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs. Derselbe hat unter anderen eine

*) Compt. rend. t. 63, p. 85.
**) Mittheil. des Gewerbevereins des Herzogthum Braunschweig 1865, S. 73.
***) Verschiedene Mittheilungen von Dumas in Compt. rend. t. 78.
†) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 707 u. 1080.
††) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 828.

Eidechse und ebenso Hühnergedärme in geschlossenen Gefäßen, die etwas Schwefelkohlenstoff enthielten, sieben Jahre lang aufbewahrt. Die Objekte haben eine graue Farbe angenommen, haben sich aber im Uebrigen völlig unverändert erhalten und sind namentlich ohne jede Spur von Fäulnißgeruch.

Bezüglich der sonstigen technischen Verwendungen des Schwefelkohlenstoffs sei kurz erinnert an die zur Extraction des Duftes der Blumen nach Millons Verfahren, über welches Barreswil*) einen günstigen Bericht erstattet hat, an die zur Extraction von Gewürzen, als Pfeffer u. dergl., ferner an die Verwendung bei Verarbeitung neuen Kautschuks und bei der Umarbeitung alter Kautschukgegenstände. Bolley**) empfiehlt eine Lösung von Kautschuk in Schwefelkohlenstoff als einen vortrefflichen Firniß für Landkarten, Etiquetten und dergl. und in ähnlicher Weise hat man eine Lösung von Wachs in Schwefelkohlenstoff bei Fabrikation des Wachspapiers mit Vortheil verwendet. Da sich feste Fette weit weniger leicht in Schwefelkohlenstoff lösen, als flüssige, mit denen er sich in jedem Verhältnisse mischt, so hat Deiß vorgeschlagen, dem zu pressenden Stearin eine kleine Menge Schwefelkohlenstoff zuzusetzen, um hierdurch die Trennung des Oleins zu erleichtern. Der Extraction des Schwefels aus den Schwefelerzen mittelst Schwefelkohlenstoff wurde im vorigen Jahrgange (Bd. XI, S. 318) gedacht und ebenso der für photographische Zwecke dienenden Stickstoffoxyd-Schwefelkohlenstofflampe Sell's (Bd. XI, S. 308).

Sulfocarbonate. Wie bekannt, kann man den Schwefelkohlenstoff als eine Kohlensäure CO_2 betrachten, in welcher die beiden Sauerstoffatome durch Schwefel ersetzt sind; und wie die Kohlensäure mit Metalloxyden Salze bildet, die man als von einem hypothetischem Kohlensäurehydrat ($CO_2 + OH_2 =$ $CO_3H_2 = CO\begin{Bmatrix}OH\\OH\end{Bmatrix}$) sich ableitend betrachten kann, so bildet auch der Schwefelkohlenstoff, wenn man ihn mit den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle oder der Erdmetalle zusam-

*) Ann. du Cons. des arts et métiers IV. 273.

**) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung Bd. III, S. 276 und Wagner's Jahresber. 1860, S. 552.

menbringt, Salze, die man als von einer Säure $CS_2 + SH_2 = CS_3H_2 = CS\begin{cases}SH\\SH\end{cases}$ derivirend ansehen kann. Man nennt diese Salze Sulfocarbonate, die Säure CS_3H_2 selbst Sulfocarbonsäure, oder auch Trisulfucarbonsäure da sie sich als ein Kohlensäurehydrat betrachten läßt, in welchem alle drei Sauerstoffatome durch 3 Schwefelatome ersetzt sind. So erhält man z. B. das Kaliumsulfocarbonat CS_3K_2 durch Versetzen einer concentrirten weingeistigen Lösung von einfach Schwefelkalium K_2S mit soviel Schwefelkohlenstoff, als sich darin aufzulösen vermag, und Abdampfen der hierbei am Boden des Gefäßes sich ansammelnden, dunkelgelben, öligen Schicht bei 30° C. Aus der zur Syrupsconsistenz gebrachten Flüssigkeit schießt beim Erkalten das Kaliumsulfocarbonat als ein Krystallwasser enthaltendes, gelbes, sehr zerfließliches Salz an, das, wie alle Sulfocarbonate, wenig beständig ist. Wird das trockene Kalisalz mit wenig verdünnter Salzsäure übergossen und die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt, so scheidet sich die freie Trisulfocarbonsäure CS_3H_2 in Form schwerer öliger Tropfen ab. Dieselbe hat große Neigung sich in Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff zu zersetzen ($CS_3H_2 = CS_2 + H_2S$). Selbst unter der Einwirkung der Kohlensäure der Luft werden die Sulfocarbonate unter Entwicklung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff zersetzt, welche letztere in Folge der Spaltung der zunächst frei werdenden Trisulfocarbonsäure auftreten.

Während die Sulfocarbonate bisher im Wesentlichen nur ein wissenschaftliches Interesse gewährten, so scheinen dieselben, insbesondere das Kaliumsulfocarbonat, gegenwärtig auch zu einer industriellen Bedeutung gelangen zu sollen und zwar beruht ihre Verwendung auf ihrer leichten Zersetzbarkeit und dem Umstande, daß sie sich unter langsamer Entwicklung von Schwefelkohlenstoff zersetzen.

Da man nämlich — wie schon erwähnt wurde — in dem Schwefelkohlenstoff ein sehr wirksames Vertilgungsmittel der Reblaus (Phylloxera) erkannt hatte, die unmittelbare Verwendung desselben zum Desinficiren der Weinberge aber hauptsächlich seiner großen Flüchtigkeit wegen mit Schwierigkeiten verbunden war, so schlug der bekannte französische Chemiker

Dumas*) vor, das unter langsamer Schwefelkohlenstoffentwicklung sich zersetzende Kaliumsulfocarbonat dem Boden der von jenem Insekt heimgesuchten Weinberge einzuverleiben und so dieses in vielen Gegenden in verheerendster Weise auftretende Ungeziefer zu vertilgen.

Es sei daran erinnert, daß die Reblaus (Bd. VI, S. 343) in zweierlei Entwicklungszuständen existirt, als ungeflügeltes und geflügeltes Insekt. Im ersteren Zustande lebt sie im Boden und nährt sich von den Wurzeln des Weinstocks. Bestreut man nun den Erdboden in der Umgebung der Weinstöcke mit dem Kaliumsulfocarbonat, so wird dasselbe von dem Regenwasser gelöst, uud die in dem Boden sich vertheilende Lösung tödtet das Insekt, sowie es die von letzteren ergriffenen Wurzeln berührt. Ueber die zunächst in Frankreich in großem Maaßstabe ausgeführten Versuche, bei welchem in kurzer Zeit circa 3000 Kilo des Salzes verwendet wurden, ist der pariser Akademie wiederholt Bericht**) erstattet worden, und sollen dieselben durchaus befriedigende Resultate ergeben haben. Allerdings muß die Anwendung des Salzes wiederholt werden und zwar empfiehlt man dieselbe mit der Düngung zu verbinden. Man soll am Fuße jedes Weinstocks eine Vertiefung im Boden herstellen, etwas von dem Kaliumsulfocarbonat hineinstreuen, und, sobald sich das Salz im Boden verzogen hat, die Vertiefung mit Dünger ausfüllen. In Weinbergen, in denen sich die ersten Spuren der Reblaus zeigen, genügen nach Dumas bei dem gegenwärtigem Preise des Salzes etwa 100 Franc um mehrere hundert Stöcke in der angegebenen Weise erfolgreich zu behandeln.

Man hat sich natürlich bemüht, eine passende Fabrikationsmethode des Kaliumsulfocarbonats ausfindig zu machen, um das Salz zu billigem Preise in den Handel bringen zu können. In dieser Beziehung theilt Dumas***) mit, daß man bei der Darstellung des Salzes, die oben beschrieben wurde, den Schwefelkohlenstoff auch in einer wässerigen, statt in einer alkoholischen Lösung von einfach Schwefelkalium auf-

*) Compt. rend. t. 78, p. 1615.
**) Compt. rend. t. 79, p. 645, 851, 1184.
***) Compt. rend. t. 79, p. 647.

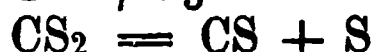
lösen und somit die kostspielige Anwendung des Alkohols umgehen könne. Da indessen die Herstellung des hierbei als Rohmaterial verwendeten einfach Schwefelkaliums mit Schwierigkeiten verbunden ist, so hat P. Thenard*) vorgeschlagen, zunächst im Großen das in Wasser ziemlich schwer lösliche Bariumsulfocarbonat durch Auflösen von Schwefelkohlenstoff in einer wässrigen Lösung von Schwefelbarium zu gewinnen und darnach das Bariumsulfocarbonat in das entsprechende Kaliumsalz überzuführen. Thenard beschreibt die übrigens sehr einfache Fabrikation des Bariumsulfocarbonats ausführlich und scheint mit der Durchführung des Verfahrens zur Umwandlung desselben in Kaliumsulfocarbonat noch beschäftigt zu sein. Auch die chemische Fabrik auf Actien, vorm. E. Schering**) in Berlin hat die Fabrikation des Kaliumsulfocarbonats in die Hand genommen und liefert dieses Salz unter dem Namen „Reblaussalz" sowohl in trockner Form als auch in Laugen.

Xanthogensaures Kalium. Th. Zöller und E. A. Grete***) machen darauf aufmerksam, daß bei der eben besprochenen Verwendung des Kaliumsulfocarbonats zum Vertilgen der Phylloxera nach Dumas's Vorschlag der Weinstock nicht blos der Einwirkung des Schwefelkohlenstoffs sondern zugleich der des gleichzeitig als Zersetzungsprodukt auftretenden Schwefelwasserstoffs ausgesetzt werde. Wenn eine schädliche Einwirkung des letzteren bisher nicht beobachtet wurde, so liegt dies wohl daran, daß er im Boden eine sehr rasche Zersetzung erfährt. Immerhin halten es Zöller und Grete für gerathen statt des Kaliumsulfocarbonats ein anderes Salz anzuwenden, das wie dieses unter Schwefelkohlenstoffentwicklung zersetzt wird, ohne jedoch zugleich Schwefelwasserstoff zu liefern; sie empfehlen daher, daß man sich zu gleichem Zwecke des xanthogensauren Kalis bediene, zumal dasselbe leichter und billiger herzustellen sein soll. Die Xanthogensäure ist eine Säure, die man auch als Aethylsulfocarbonsäure bezeichnen kann, wenn man unter Disulfocarbonsäure $\left(CS\begin{cases}OH\\SH\end{cases}\right)$ eine Kohlensäure (Kohlensäurehydrat) versteht, in welcher zwei Atome

*) Compt. rend. t. 79, p. 673.
**) Deutsche Industriezeitung 1875, S. 225.
***) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, S. 802.

Sauerstoff durch Schwefel ersetzt sind. Die Formel der Xanthogensäure gestaltet sich hiernach $CS\begin{cases} O.\,C_2H_5 \\ SH \end{cases}$, die ihres Kalisalzes $= CS\begin{cases} OC_2H_5 \\ SK \end{cases}$. Man erhält das letztere in Form farbloser, seidenglänzender Nadeln, wenn man eine alkoholische Lösung von Kalihydrat mit Schwefelkohlenstoff behandelt. Stärkere Säuren scheiden die Xanthogensäure oder Disulfocarbonsäure aus ihrem Kalisalze in Form öliger Tropfen ab. Dieselbe zersetzt sich jedoch schon bei 24° C. in Alkohol und Schwefelkohlenstoff. — $CS\begin{cases} O.\,C_2H_5 \\ S.\,H \end{cases} = CS_2 + C_2H_5.OH.$ — Zöller und Grete halten es daher für zweckmäßig, das xanthogensaure Kalium, um es zu genanntem Zwecke zu verwenden, mit Erde und Superphosphat gemischt in der Umgebung der Weinstöcke dem Boden zuzuführen.

Kohlenstoffmonosulfür. Schon von O. Löw ist nachgewiesen worden (Bd. V, S. 278), daß Schwefelkohlenstoff, wenn man ihn eingeschlossen in Glasröhren Monate lang der Einwirkung des directen Sonnenlichts aussetzt, eine Zersetzung erleidet, indem sich die Röhren mit einer braunen Schicht überziehen, während sich der Schwefelkohlenstoff durch frei werdenden und gelöst bleibenden Schwefel gelb färbt. Sidot*) hat den sich abscheidenden braunen Körper näher untersucht. Derselbe wurde mit Wasser von den Rohrwandungen abgelöst, getrocknet, mit Schwefelkohlenstoff aufgekocht, mit demselben Lösungsmittel ausgewaschen und zuletzt bei 150° im Luft- oder Wasserstoffstrom getrocknet. Er enthält nach Sidot Kohlenstoff und Schwefel im Verhältniß 1 : 1 und ist daher CS oder (CS)n, sodaß der Schwefelkohlenstoff durch Sonnenlicht einfach nach der Gleichung



$$CS_2 = CS + S$$

gespalten wird. Der amorphe Körper besitzt die Dichte 1,66; er ist in Benzol und Terpentinöl unlöslich, dagegen löst er sich in geringer Menge in siedendem Schwefelkohlenstoff oder Aether. Heiße Salpetersäure löst ihn unter rother Färbung, rauchende Säure entzündet ihn.

---

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 981.

Salzsäure oder Schwefelsäure scheinen ihn nicht anzugreifen. Concentrirte heiße Kalilauge löst ihn und färbt sich schwarzbraun; Salzsäure schlägt daraus den ursprünglichen Körper wieder nieder. Gegen 200° fängt er sich zu zersetzen an, und zwar zerfällt er in Schwefel und Kohle. Mit Schwefel erhitzt regenerirt er Schwefelkohlenstoff CS_2.

Natrium.

Steinsalz und Siedesalz. — Ueber die Production des preußischen Staates an Steinsalz und Siedesalz während der letzten Jahre ist Folgendes*) veröffentlicht worden:

	Gewonnenes Steinsalz in Centnern.	Werth in Mark.
1870	1,303,916	485,961
1871	1,473,164	562,050
1872	1,596,784	662,415
1873	1,575,479	795,156
1874	1,537,958	601,008

	Aus wässriger Lösung gewonnenes Siedesalz in Centnern.	Werth in Mark.
1870	3,380,013	4,196,979
1871	3,726,669	4,755,705
1872	3,882,352	5,015,982
1873	3,822,574	5,146,008
1874	4,305,664	5,842,353

Das 1874 producirte Steinsalz rührte her von

	Centner.	Werth pro Centner.
Staßfurt	1,033,000	40,7 Pfennige
Erfurt	466,923	35,6 „
Regierungsbez. Bonn	4,781	37,7 „

von demselben wurde das Staßfurter fast vollständig, das Erfurter und Bonner zur kleinen Hälfte unmittelbar d. h. ohne Umsieden verwendet.

*) Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. Staat 1875, Bd. 23, S. 28.

Das herzogl. anhaltsche Steinsalzwerk zu Leopoldshall producirte an Steinsalz

im Jahre	1873	216,329	Centner
„ „	1874	464,668	„

Soda. Da wir die Fortschritte im Gebiete der Sodafabrikation im vorigen Jahrgange (Bd. XI, S. 324—343) eingehender besprochen haben, dürfen wir uns hier mit dem Hinweis auf einige Patente begnügen, die theils Verbesserungen der bekannten Fabrikationsmethoden, theils Gewinnung von Soda nach neuen Methoden zum Ziele haben.

Ein Verfahren der Soda- und Pottaschefabrikation, welches sich C. D. Abel*) (für H. de Groussilliers und G. Siemens in Berlin) in London patentiren ließ, und welches auch in Preußen, Belgien und Frankreich patentirt wurde, erscheint als eine Modification des Solvay'schen. Es beruht auf der Thatsache, daß die Carbonate des Natriums und Kaliums in Alkohol unlöslich, die Chloride derselben sowie Salmiak und Ammoniumcarbonat aber in demselben löslich sind. Vermischt man also solche Lösungen von Chlornatrium oder Chlorkalium mit Ammoniumcarbonat so schlägt sich Soda resp. Pottasche nieder, während Salmiak in Lösung bleibt. Die Abscheidung des letzteren und seine Ueberführung in Carbonat sind bekannte Processe. Das Verfahren verspricht eine bessere Ausbeute zu liefern. Durch einen von Siemens construirten, sehr zweckmäßigen Apparat sollen die Alkoholverluste auf 1/2 Proc. der producirten Soda vermindert sein. Die Fabrik von Kunheim in Berlin soll die Benutzung des Patentes erworben haben und ist bereits eine Fabrik gebaut, welche in Kurzem zu arbeiten beginnen wird. — Uebrigens soll das Solvay'sche Verfahren durch Solvay**) selbst so wesentliche Vervollkommnungen erfahren haben, daß man einer weiteren Verbreitung desselben mit Bestimmtheit entgegensehen zu dürfen glaubt. Auch durch Gerstenhöfer (Bd. XI, S. 342) soll das sogenannte Ammoniakverfahren wesentlich verbessert worden sein. Derselbe soll in Ungarn ausgedehnte, nach diesem Verfahren arbeitende Anlagen ausgeführt haben und es soll

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, S. 181 u. amtl. Ber. über die Wiener Weltausstellung Bd. III, S. 456.
**) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 118.

ihm gelungen sein, die Ammoniakverluste, die früher auf 3 Proc. veranschlagt wurden, auf 1 Proc. resp. auf 1/2 Proc. zu reduciren. Nach einer Angabe von P. Hannez*) producirt die Fabrik von Solvay und Comp. in Couillet jetzt jährlich 100,000 Centner von einer Reinheit wie sie die Industrie bisher nicht erreicht hatte. Die in Barongéville-Dombasle in Frankreich auf einem Salzlager neu errichtete Fabrik producirt jetzt 160,000 Centner und wird mit Ende dieses Jahres ihre Production auf 320,000 Centner steigern können; sie wird nach ihrer Vollendung wahrscheinlich die wichtigste Sodafabrik der ganzen Erde werden. Die beiden in England bestehenden Werke liefern jetzt 160,000 Centner jährlich und werden noch weiter vergrößert. —

Auch L. Mond**) hat in England mehrere Patente genommen, die eine Verbesserung des Ammoiakprozesses bezwecken.

Flitcher***) nahm in England ein Patent auf ein Verfahren der Sodafabrikation, dessen erster Theil in dem von Hargreaves und Robinson (Bd. XI, S. 330) angegebenen Processe der Ueberführung von Kochsalz in Glaubersalz durch Behandeln mit einem Gemenge von schwefliger Säure, Wasserdampf und Luft besteht. Der zweite Theil besteht in der Umwandlung des Glaubersalzes in Sulfid durch Einwirkung von Wasserstoff und unvollständigen Produkten der Verbrennung von Kohle. Die Schlußoperation besteht in dem Durchleiten von Kohlensäure durch die Masse des Schwefelnatriums. Der hierbei frei werdende Schwefelwasserstoff wird in Pyritöfen verbrannt und das resultirende Gemenge von schwefliger Säure und Wasserdampf über Kochsalz geleitet u. s. f. Das Kochsalz verbleibt bis zu seiner Umwandlung in Soda in einem und demselben Heizschachte.

Hargreaves und Robinson†) und ebenso A. Mc. Dougall††) und W. Hunt†††) erhielten Patente auf Ab-

*) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 252.
**) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 651.
***) Ber. d. d. chem. Ges. 1875, S. 176.
†) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 204 u. 206.
††) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 645.
†††) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 646.

änderungen im mechanischem Theile des Hargreaves-Robinson'schen Verfahrens.

H. Grüneberg und J. Vorster*) ließen sich für Deutschland folgendes Verfahren der Sodafabrikation patentiren: Kochsalz und Thonerde werden zu einem Brei angemacht, die Masse wird getrocknet, in kleine Stücken gebrochen und mit bis auf Rothgluth erhitztem Dampf behandelt. Salzsäure entweicht und Natriumaluminat bleibt zurück. Letzteres wird zur Beseitigung von Beimengungen aufgelöst und entweder mittelst Kohlensäure oder mit Aetzkalk zersetzt, jenachdem man Soda oder Aetznatron gewinnen will. Statt der Thonerde mag auch Eisenoxyd oder sonst ein Metalloxyd gebraucht werden. Soll Aetzkali oder Pottasche dargestellt werden, so ersetzt man das Kochsalz durch Chlorkalium.

Eine sehr ausführliche Abhandlung über die Fortschritte, welche die Sodaindustrie im letztverflossenem Decennium gemacht hat, ist im amtlichen Bericht über die Wiener Weltausstellung von H. Landolt geliefert worden, und wollen wir diejenigen unserer Leser, welche diesem Industriezweige ein specielleres Interesse schenken, auf jene Abhandlung hiermit aufmerksam machen.

Kalium.

Chlorkalium. Die Lage der Chlorkaliumindustrie ist seit dem Jahre 1873 dauernd ungünstig geblieben und wurde noch dadurch verschlimmert, daß auch das Düngergeschäft äußerst matt war. Weniger bemittelte Fabriken stellten daher ihren Betrieb gänzlich ein, während andere denselben wesentlich beschränkten. Der Kochsalzabsatz ging daher auf dem Königl. preuß. Salzbergwerke erheblich zurück, wie sich aus den folgenden amtlichen Mittheilungen**) über die Production an Kalisalzen im preuß. Staate ergiebt.

In Preußen wurden producirt an Kalisalzen (inclusive Kieserit und Boracit):

---

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 642.

**) Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. Staate 1875, Bd. 23, S. 72 u. 151.

	In Centnern.	Werth im Ganzen.	Werth pro Cent.
1870	2,925,000	1,230,939 Mk.	
1871	3,203,000	1,313,868 „	
1872	3,950,500	2,156,460 „	
1873	3,272,000	1,601,145 „	
1874	2,559,800	977,262 „	38,2 Pfen.

Die preußischen Kalisalze stammen fast ausschließlich von dem Staatswerke zu Staßfurt, doch wurden im Jahre 1874 auch auf dem in Privatbesitz befindlichen Steinsalzbergwerke zu Douglashall bei Westeregeln (Regierungsbezirk Magdeburg) 54,800 Centner Kalisalz gewonnen.

Von dem Staßfurter Steinsalzbergwerk wurden abgegeben:

	1873	1874
zur Chlorkaliumfabrikation	3,179,768 Cnt.	2,358,901 Cnt.
zur Borsäurefabrikation	450 „	225 „
zu anderen Fabrikationen	1,183 „	5,825 „
zur Tränkung von Grubenhölzern	— „	1,837 „
zu Hüttenprocessen . .	100 „	— „
zu Bädern u. Kältemischungen	8,461 „	7,936 „
zur Düngung	59,489 „	123,740 „
	3,249,451 Cnt.	2,498,464 Cnt.

Noch bedeutender als die Production der königl. preußischen Werke zu Staßfurt ist die der herzogl. anhaltschen zu Leopoldshall und hat sich auf dem letzteren auch während der letzteren Jahre die Production nicht vermindert. Es wurden nämlich, wie Krause*) mittheilt, von Leopoldshall abgegeben an Kalisalzen (inclusive Kieserit und Boracit):

Im Jahre 1872	5,839,336	Centner
„ 1873	5,747,088	„
„ 1874	6,031,013	„

Die Staßfurter und Leopoldshaller Salzbergwerke liefern also zusammen gegenwärtig jährlich gegen 9 Millionen Centner Kalisalze. — Der Centner rohes Kalisalz, dessen Durchschnittsgehalt an Chlorkalium 16 Proc. beträgt, wird von den Werken zu 40 Pfennigen abgelassen. Beträgt der Gehalt an Chlor-

*) Dingl. pol. Jour. 1875, Bd. 217, S. 333.

kalium mehr oder weniger als 16 Proc. so wird der Preis für jedes mehr vorhandene resp. fehlende Procent um 0,6 Pf. pro Centner erhöht resp. reducirt. Krause giebt a. a. O. noch fernere, interessante, statistische Notizen über die Industrie von Staßfurt und Leopoldshall; desgleichen ist von Dr. A. Frank*) ein ausführlicher Bericht über die letztere geliefert worden, da indessen die wichtigsten Momente derselben in diesem Jahrbuch (Bd. I, S. 318, Bd. II, S. 223 und Bd. VIII, S. 328) bereits besprochen wurden, so begnügen wir uns hier auf die Originalabhandlungen zu verweisen.

Auch über die galizischen Kalisalzwerke zu Kalusz giebt Dr. A. Frank a. a. O. ausführliche Mittheilungen. Zu Folge derselben unterscheiden sich die Salzlager zu Kalusz von denen zu Staßfurt resp. Leopoldshall sehr wesentlich dadurch, daß in ersteren sehr mächtige, abbauwürdige Ablagerungen von Sylvin (KCl) und Kainit (K_2SO_4, $MgSO_4$, $MgCl_2 + 6H_2O$) auftreten, welche bekanntlich im Staßfurter Becken nur in sehr untergeordneter Weise angetroffen werden. Der Sylvin findet sich bei Kalusz eingeschlossen im Salzthon (Haselgebirge) und bildet einzelne linsenförmige Lager, die aber untereinander durch schwächere Bänder verbunden sind und ein regelmäßiges Streichen zeigen.

Die Mächtigkeit dieser Sylvinablagerungen beträgt im Maximum 33 M., im Minimum 4 M. und kann im Durchschnitt mit 8 M. angenommen werden. Im mittleren Theile der Linsen finden sich starke, zuweilen 0,6 bis 0,9 M. dicke Lagen von fast chemisch reinem Chlorkalium, welches, wenn allein gefördert, ohne alle weitere Umarbeitung für die meisten chemischen Zwecke brauchbar sein würde. Nach dem Hangenden und Liegenden zu verarmen die Lagen indeß durch Vermischung mit Salzthon immer mehr, um schließlich ganz in diesen überzugehen. Da indeß Magnesiumsalze in dieser Sylvinablagerung fast ganz fehlen, und von löslichen Salzen nur Chlornatrium neben dem Sylvin mit auftritt, so ist der chemische Proceß der Chlorkaliumgewinnung aus diesem Material ein ungleich einfacherer als in Staßfurt, indem man die Salze

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 217, S. 388 u. 496 u. Bd. 218, S. 62, auch amtl. Ber. über die Wiener Weltausstellung.

nur mit einer kalt gesättigten Lösung von Chlorkalium und Chlornatrium erhitzt. Da nun das Chlorkalium bei höherer Temperatur im Wasser bedeutend löslicher ist, als bei niederer, während die Löslichkeit des Chlornatriums bei verschiedenen Temperaturen nicht wesentlich variirt, so nimmt die Lauge beim Erhitzen mit den Rohsalzen nur das Chlorkalium auf, und wird, nachdem sie sich dem Temperaturgrade entsprechend mit Chlorkalium gesättigt hat, in Krystallisirbassins gelassen, in welchen sie beim Abkühlen das mehr gelöste Chlorkalium auskrystallisiren läßt, um dann wieder, mit neuen Mengen Rohsalz erhitzt, denselben Proceß zu durchlaufen. Es fallen also bei dem Betriebe in Kalusz die so schwierigen Verdampfoperationen der Staßfurter Fabrikation mit ihren weitere Raffinationsarbeiten erfordernden Zwischenproducten ganz fort und es wird sofort ein sehr reines kräftig krystallisirtes und vollkommen magnesiumfreies Chlorkalium erzielt.

Allerdings bedingt die Gegenwart von unlöslichem Thon und Gyps in den Rohmaterialien einigen Verlust an Lauge und wird die Fabrikation einigermaaßen dadurch complicirt, daß man auch den Kochsalzgehalt der Rohsalze zu gewinnen sucht. Dies geschieht dadurch, daß man den beim Behandeln der Rohsalze mit kalt gesättigter Salzlösung bleibenden Rückstand der neben Chlornatrium auch etwas Chlorkalium, Thon und Gyps enthält, mit süßem Wasser methodisch extrahirt. Bei dieser Operation wird sowohl Chlorkalium als Chlornatrium zum größten Theil gelöst und es bleibt nur ein wenig salzhaltiger Thon und Gypsschlamm zurück. Die erhaltene klare und durch event. Passiren durch mehrere Lösegefäße mit beiden Salzen völlig gesättigte Soole, welche einen durchschnittlichen Gehalt von 6,3 Proc. Chlorkalium und 22,5 Proc. Chlornatrium zeigt, wird nun in einer gewöhnlichen Salinenpfanne wie einfache Salzsoole so lange eingekocht, als sich reines Kochsalz ausscheidet und dieses wird in über der Siedepfanne stehenden Bühnen zur Entfernung der anhängenden chlorkaliumhaltenden Lauge mit reiner siedender Kochsalzlösung übergossen — gedeckt. — Das Auskochen von Chlornatrium und gleichzeitige Concentriren der Lauge wird fortgesetzt bis die Pfanne eine heiße Lösung von 15 bis 16 Proc. Chlorkalium und 16 bis 17 Proc. Chlornatrium enthält, dann wird das Feuer

gelöscht und der Inhalt der Pfanne schnell in Krystallisirbassins abgelassen, in welchen das Chlorkalium auskrystallisirt. Diese Methode ist für die Kaluszer Verhältnisse und bei dem hohen Preise des Kochsalzes in den benachbarten russischen Provinzen von praktischem Werthe, da sie eine nahezu vollständige Zugutemachung aller Sylvinerze und somit auch einen leichteren Abbau und eine sorgfältigere Scheidung der Erze ermöglicht. Das Chlorkalium wird von Kalusz schon wegen der hohen Fracht, die darauf bis zu den Consumtionsplätzen, Wien, Stettin &c. lastet, nur in hochgrädiger Waare — 95 bis 97 Proc. — in den Handel gebracht und kann wegen seiner großen Reinheit und schönen, kräftigen Krystallisation als Primaqualität bezeichnet werden.

Gewinnung und Verarbeitung des Kainits.

Wie schon oben angeführt, übertrifft das Kainitvorkommen in Kalusz bezüglich seiner Mächtigkeit und der dadurch erleichterten Gewinnung das von Staßfurt-Leopoldshall ganz bedeutend. Das Kaluszer Kainitlager besitzt eine Mächtigkeit von 12 bis 14 M., ist durch zwei streichende Strecken auf mehr als 200 M. aufgeschlossen und läßt eine Fortsetzung des Lagers auch in größere Tiefe ebenso wie im Streichen sicher annehmen. Schon die bisher aufgeschlossenen Mengen repräsentiren aber ein sofort gewinnbares Quantum von 2 bis 2½ Millionen Centner. Die durchschnittliche Zusammensetzung des Kainits soll sein:

Schwefelsaures Kalium . . .	20	Procent
Schwefelsaures Magnesium . .	14	"
Chlormagnesium	11	"
Chlornatrium	27	"
Schwefelsaures Calcium . . .	2	"
Unlösliches (Thon, Sand) . .	9	"
Wasser	Rest	
	100.	

Hiernach scheint der Kaluszer Kainit sehr geeignet, sowohl zur Darstellung von schwefelsaurem Kaliummagnesium und reinem schwefelsaurem Kalium, als auch zur Gewinnung von Chlorkalium und Glaubersalz, event. zu einer combinirten

Fabrikation, in welcher zunächst ein Theil des Kalis als schwefelsaures Kaliummagnesium, der Rest als Chlorkalium gewonnen werden kann, während die bei letzter Fabrikation ausgekochten Salzgemische von Kochsalz und schwefelsaurem Magnesium ein brauchbares Material für ausgedehnte Glaubersalzgewinnung bieten würden, da die harten und langen galizischen Winter der Darstellung von Glaubersalz weit mehr Chancen bieten, als das verhältnißmäßig milde Klima von Staßfurt. Soviel indeß bekannt, ist die Kainitverarbeitung in Kalusz bisher noch nicht durchgeführt und wurden bisher nur kleine Quantitäten Kainit zu Düngesalzen verwendet. Bei weiterer Entwicklung des Werkes dürfte aber dem Kainit die größte Beachtung zu schenken sein, da das daraus zu gewinnende schwefelsaure Kalium wegen seines höhren Handelswerthes die bedeutenden Frachtspesen leichter trägt und also im Verhältniß zu Staßfurt auch concurrenzfähiger ist, während für einen nicht unbedeutenden Theil des als Nebenproduct producirten Glaubersalzes die österreichische und russische Glasindustrie und bei weiterer Verarbeitung des Glaubersalzes auf Soda das ganze jetzt durch Eisenbahnen erschlossene östliche Hinterland, Moldau, Walachei und Rußland einen günstigen Markt bieten.

Das Haupthinderniß für die Entwickelung der Kaluszer Werke scheint in der schwierigen Beschaffung tüchtiger und intelligenter Arbeitskräfte zu liegen, da die eingeborene Bevölkerung von sehr geringer Leistungsfähigkeit ist und für Bergbau wie Fabrikbetrieb erst vollständig angelernt und erzogen werden muß. Außerdem sind die jetzigen Grubenbaue für eine größere — der Staßfurter ebenbürtige — Förderung nicht mit ausreichenden Schächten, Ventilations- und Förderanlagen versehen und bieten auch in Folge des früheren, für die Kochsalzgewinnung geführten Laugwerkbetriebes mannigfache Schwierigkeiten, die erst mit dem Niederbringen eines neuen Schachtes und der Aufschließung neuer unverritzter Theile des Lagers völlig gehoben werden können. Immerhin sind die jetzigen Anlagen bei entsprechender Leitung des Bergbaues für eine tägliche Gewinnung von 4000 Centner Rohsalz schon ausreichend, welches Quantum auch in den vorhandenen mit besten in Staßfurt erprobten Apparaten reichlich ausgerüsteten Fabrikanlagen bequem verarbeitet werden kann. — Für Industrie, Handel und

Landwirthschaft in Oesterreich und namentlich für deren Entwickelung in Galizien selbst sowie für die benachbarten russischen Gebietstheile, als Hauptsitze der russischen Rübenzuckerindustrie, sind die Kaluszer Werke von größter Bedeutung und ist denselben deshalb um so mehr Glück und Gedeihen zu wünschen.

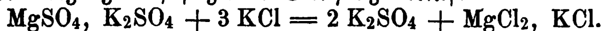
Kaliumsulfat. Es muß wohl als ein durchaus berechtigtes Streben anerkannt werden, wenn man sich bemüht hat, mit Hülfe der billigen Schwefelsäure der Abraumsalze (des Kainit und Kieserit) aus den Abraumsalzen sogleich ein werthvolleres Produkt als das Chlorkalium ist, nämlich das Kaliumsulfat darzustellen. In der That sind namentlich von den Firmen Vorster und Grüneberg und Andrae und Grüneberg sehr ausgedehnte und kostspielige Versuche vorgenommen worden um zu diesem Ziele zu gelangen. Dieselben haben zunächst das schön krystallisirende Kalium-Magnesiumsulfat ($K_2SO_4 + MgSO_4 + H_2O$) darzustellen gesucht. Zu diesem kann man auf verschiedenem Wege gelangen. Man kann es, wie schon erwähnt aus dem Kainit durch Auflösen desselben und fractionirtes Krystallisirenlassen der Lösung erhalten, wobei jenes Doppelsalz zuerst aus der Lösung anschießt. Allein Dr. Frank, welcher auf dem in Rede stehendem Fabrikationsgebiete als eine entschiedene Autorität anerkannt werden muß, spricht sich a. a. O. dahin aus, daß dieser Proceß zwar in Kalusz, wo das Kainitvorkommen ein sehr mächtiges und reiches ist, eine Zukunft haben kann, daß derselbe aber in Leopoldshall resp. Staßfurt wegen der absoluten Unzuverlässigkeit und Ungleichheit des dortigen Materials mindestens solange kaufmännisch undurchführbar sein wird, bis der Kainit zu einem Preise von den Gruben abgegeben wird, der dem des Carnallit gleich ist, wozu sich vor der Hand keine Aussicht bietet. Daher suchten denn auch Vorster und Grüneberg*) auf einem anderem Wege, nämlich durch Einwirkung einer heißen Lösung von Magnesiumsulfat (Kieserit) auf Chlorkalium zu jenem Doppelsalze zu gelangen. Hierbei erfolgt die Umsetzung nach folgender Gleichung:

$$3\,KCl + 2\,MgSO_4 = MgSO_4,\ K_2SO_4 + MgCl_2,\ KCl$$



*) Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausst., Bd. 3, S. 404.

Um nun das Kalium-Magnesiumsulfat in Kaliumsulfat überzuführen macerirten die Genannten das erstere feste Doppelsalz mit einer kalten Chlorkaliumlösung oder ließen eine heiße Lösung des ersteren auf Chlorkalium einwirken, wobei der Vorgang nach folgender Gleichung verlief:



$$MgSO_4,\ K_2SO_4 + 3\,KCl = 2\,K_2SO_4 + MgCl_2,\ KCl.$$

Das Kaliumsulfat schied sich in Form eines feinen Krystallmehls von großer Reinheit ab, während aus der überstehenden Flüssigkeit das Chlorkalium wieder gewonnen und nur das Chlormagnesium preisgegeben wurde. Da indessen dies letztere Salz die rasche und genaue Umsetzung der aufeinander einwirkenden Salze beeinträchtigte und somit erhebliche Verluste an Chlorkalium eintraten, da überdies ein möglichst reines und kochsalzfreies Chlorkalium zur Verwendung kommen mußte, so erschien diese Methode der Fabrikation des Kaliumsulfats minder rentabel als die auf der Zersetzung des Chlorkaliums mittelst Schwefelsäure beruhende, zumal an Plätzen, wo für die bei letzterem Processe nebenbei zu gewinnende Salzsäure hohe Preise erzielt werden konnten. Daher wurde ersteres Verfahren zu Gunsten des letzteren wieder aufgegeben. Neuerdings hat die Firma Wünsche und Höning in Leopoldshall die erstere Fabrikationsweise auf's Neue ergriffen, ob mit besserem Erfolge als Vorster und Grüneberg muß abgewartet werden. —

Potasche. Die Bd. I, S. 320 ausgesprochene Vermuthung, daß in Folge der zunehmenden Production von Potasche aus Kaliumsulfat nach Leblanc'schem Verfahren die Fabrikation von Potasche aus Rübenmelasseschlempe und aus den Waschwässern der Wollwäschereien alsbald aus des Welt verschwinden werde, hat sich zur Zeit noch nicht bewahrheitet. Zwar hat die Fabrikation von Potasche aus Sulfat an Ausdehnung gewonnen, und die Production von aus Holzasche bereiteter Potasche abgenommen (der Export Rußlands sank in den Jahren 1864 bis 1873 von 11 Millionen auf 5½ Millionen Kgr., der Amerika's von ca. 2 Millionen auf weniger als 400,000 Kgr., galizische, siebenbürgische und schwedische Potaschen sind auf dem deutschen Markte kaum noch anzutreffen) aber die Fabrikation von Potasche aus der Asche der Rübenmelasse und des Wollschweißes sind noch in lebhaften Betriebe.

Interessant sind in dieser Beziehung die folgenden Angaben Grüneberg's*) über die Quantitäten der nach verschiedenen Methoden gewonnenen Potasche. Gegenwärtig werden gewonnen:

1. Aus Holzasche (in Rußland, Canada, Ver. Staaten von Nordamerika, Ungarn, Galizien) . . 20,000,000 Kgr.

2. Aus Rübenasche oder Schlempekohle (in Frankreich, Belgien, Deutschland und Oesterreich) . 12,000,000 Kgr.

3. Aus Kaliumsulfat (in Deutschland, Frankreich und England) . . . . 15,000,000 Kgr.

4. Aus Schafschweißasche (in Frankreich, Belgien, Deutschland und Oesterreich) . . . . 1,000,000 Kgr.

Für die Fabrikation der Rübenpotasche liegt der Schwerpunkt in Frankreich, für die Fabrikation der künstlichen Potasche aus Kaliumsulfat liegt derselbe naturgemäß in Deutschland.

Die Fabrikation von Potasche aus der Schlempe der Rübenmelassebrennereien (Schlempekohle) ist schon von Kuhlmann in dem Berichte über die Londoner Ausstellung von 1862 beschrieben worden. Wir entnehmen den neueren Mittheilungen Grüneberg's (a. a. O.) über diesen Fabrikationszweig Folgendes:

Die durch Verdampfen der Schlempe und Erhitzen des Verdampfungsrückstandes erhaltene Schlempekohle, eine schwarze, poröse Masse, welche im großen Durchschnitt aus

Kohlensaurem Kalium	30—35	Procent
Kohlensaurem Natrium	18—20	"
Chlorkalium	18—22	"
Schwefelsaurem Kalium . . .	6—8	"
Unlöslichen Substanzen 2c.	28—15	"
	100—100	Procent.

besteht, wird einer systematischen Auslaugung mit heißem Wasser unterworfen. Die resultirenden Laugen von 30 bis 35° B. scheiden bei fractionirter Verdunstung direct, d. h. schon während des Eindampfens im ersten Stadium, schwefelsaures Kalium, im zweiten kohlensaures Natrium aus. Bei dem Abkühlen der bis zu einem gewissen Grade eingedampften, vom ausgeschiedenen Kaliumsulfat getrennten Laugen krystallisirt zunächst

*) Amtl. Ber. über die Wiener Weltausst. Bd. III, S. 409 und Dingl. pol. Journ. 1876, Bd. 219, S. 254.

Chlorkalium, welchem 10 bis 12 Proc. schwefelsaures Kalium beigemischt sind; aus der zur Gewinnung von Soda noch weiter concentrirten Lauge scheidet sich nach dem Ausschöpfen der Soda im Krystallisirbehälter, sobald die Temperatur genügend gesunken ist, ein Salzgemisch ab, welches vorwiegend aus kohlensaurem Kalium und kohlensaurem Natrium, neben geringen Mengen von Chlorkalium und schwefelsaurem Kalium, besteht. Dies letztere Salz wird in den von der Schlempeauslaugung kommenden ersten Laugen wiederum gelöst und macht den Proceß der Salztrennung auf's Neue mit durch.

Das krystallisirte Chlorkalium wird durch Auswaschen mit wenig kaltem Wasser von den anhängenden Salzen befreit; die Soda durch Uebergießen mit einer heißen Lösung reiner Soda von Potasche und mitgerissenem Chlorkalium getrennt; sie enthält nach dem Calciniren in der Regel 35 Proc. kohlensaures Natrium. Die letzten Mutterlaugen geben beim Eintrocknen und Calciniren eine Potasche, welche im Mittel

82 bis 84 Proc. kohlensaures Kalium
7 „ Soda,
3 „ Chlorkalium,
4 „ schwefelsaures Kalium,
2 „ Wasser und unlösliche Substanzen enthält.

Durch eine weitere sorgfältige Behandlung der letzten Potaschenlauge, deren Hauptmomente eine höchst concentrirte Eindampfung, Ausschöpfung der hierbei niederfallenden Soda, Abkühlung und erneute Eindampfung sind, kann man den Gehalt der Potasche aus Schlempekohle bis auf 90 Proc. an kohlensaurem Kalium steigern.

Potasche aus Schlempekohle wird, wie erwähnt, im nördlichen Frankreich, außerdem in Belgien, Mähren, sowie in den Provinzen Sachsen, Pommern, Brandenburg und der Rheinprovinz fabricirt.

Die Fabrikation von Potasche aus Schafwollschweiß gehört der neueren Zeit an. Maumené und Rogelet*) ließen sich die Gewinnung von Potasche aus Wollschweiß am 15. Juni 1859 in England patentiren und

*) Dingl. pol. Journ. 1860, Bd. 157, S. 156.

stellten auf der Londoner Ausstellung 1862 die ersten Proben dieses neuen Produktes aus. —

In Deutschland machte namentlich Dr. F. Hartmann in seiner Dissertation über den Fettschweiß der Schafwolle (Göttingen 1868) auf die Verwerthung der Wollwaschwässer aufmerksam und der Firma Hartmann und Hauers*) in Hannover gebührt das Verdienst, diese Fabrikation in Deutschland eingeführt zu haben. Nach Märker und Schulze**) enthält die rohe Wolle neben 11—23 Proc. Feuchtigkeit 20,5 bis 22,5 Proc. in kalten Wasser löslichen Wollschweiß, dessen wesentlichsten Bestandtheil die Kaliseifen der Oel- und Stearinsäure bilden. Laugt man daher die rohe Wolle mit Wasser aus, verdampft die Lauge und glüht den Verdampfungsrückstand so verwandeln sich die Kaliseifen in Kaliumcarbonat. Grüneberg beschreibt das im Großen zur Anwendung kommende Verfahren a. a. O. kurz wie folgt:

Die ungewaschenen Wollfließe werden in einem dem Shank'schen Sodaauslaugungsapparat ähnlichen Apparate einer systematischen Erschöpfung unterworfen; die circa 30° B. starken Laugen werden zur Trockne eingedampft, wonach man den Rückstand schmilzt und in eisernen Retorten der Verkohlung unterwirft. Es entwickeln sich ammoniakalische Produkte und gasförmige Kohlenwasserstoffe, welche letztere nach einer angemessenen Reinigung ein vortreffliches Leuchtmaterial bilden. Der aus den Retorten kommende kohlige Rückstand wird in Flammöfen verascht und zeigt dann im großen Durchschnitt folgende Zusammensetzung:

Kohlensaures Kalium . . .	30	Procent
Kohlensaures Natrium . .	2	"
Chlorkalium	9	"
Schwefelsaures Kalium . .	15	"

Das Produkt läßt sich leicht raffiniren, und befolgt man dabei das bei der Raffination der Schlempekohle beschriebene Verfahren; nur treten im Laufe der Arbeit weniger Schwierigkeiten als bei letzterem auf, weil der Gehalt der Asche an Soda so gering ist, daß diese nicht abgeschieden zu werden braucht.

*) Dingl. pol. Journ. 1874, Bd. 214, S. 174.
**) Dingl. pol. Journ. 1870, Bd. 198, S. 83.

Die erzielte Potasche enthält:

Kohlensaures Kalium . . .	73	Procent
Kohlensaures Natrium . .	4	„
Chlorkalium	6	„
Schwefelsaures Kalium . .	6	„
Wasser, unlösliche Substanzen rc.	10	„

Sie reiht sich den besten Produkten der Schlempekohleraffinerie an und hat leicht Eingang gefunden.

Die Professoren Landolt und Stahlschmidt*) in Aachen, (welche von dem königl. preuß. Ministerium für Gewerbe, Handel und öffentliche Arbeiten beauftragt waren, über diejenigen Hülfsmittel Auskunft zu geben, welche in Verviers und Aachen angewendet werden, um die in den Tuchfabriken und Wollwäschereien abfallenden Fabrikwässer unschädlich zu machen) geben folgende nähere Beschreibung der die Gewinnung von Potasche bezweckenden neuen Einrichtungen und der vortrefflichen Apparate, welche sie in der Wollwäscherei von G. Ferrau und Comp. in Brügge angetroffen haben.

In der genannten Fabrik wird die rohe Wolle in fünf eisernen Ständern von circa 1,5 M. Höhe, 0,6 M. unteren und 1 M. oberen Durchmesser auf die Weise ausgelaugt, daß die wässrigen Lösungen von einem Apparate zum andern übersteigen können, wodurch stets eine ganz concentrirte Lauge erhalten wird.

Die ausgelaugte Wolle wird nun noch mit Potaschenlösung und Kaliseife gewaschen und nachher mit Wasser gespült. Während man das Spülwasser fließen läßt, gelangen sämmtliche concentrirte sowohl wie verdünnte Laugen in große unterirdische Bassins, um aus diesen durch Pumpen in die Abdampfapparate befördert zu werden. Die erste Lauge, welche in Auslauge-Apparaten gewonnen wird, setzt nach kurzer Zeit den der Wolle mechanisch anhaftenden unlöslichen Schmutz ab, welcher ausgeschöpft und als Dünger verkauft wird.

Das Zugutemachen der Laugen geschieht nun in zwei nebeneinander gebauten Flammöfen, welche durch Figg. 29 u. 30 (siehe folgende Seite) veranschaulicht werden.

Die Laugen gelangen zunächst durch das Zuflußrohr d

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 215, S. 216.

in den links gelegenen Flammofen, dessen Abdampfraum durch die Zunge g in zwei Theile A und B getheilt ist. Die an das Ofengewölbe sich anschließende Zunge g geht so tief herunter, daß sie 10 Ctm. tief in die Lauge eintaucht, wodurch die von der Feuerung F kommenden heißen Feuergase gezwungen werden, die Lauge zu durchstreifen — vorausgesetzt, daß der Exhaustor E, welcher 2 M. hoch ist und 0,3 M. Weite hat, in Thätigkeit gesetzt wird. Von B gelangen die Feuergase mit den Wasserdämpfen durch a, a, a in den Kanal C und aus diesem in den senkrechten, circa 0,6 M. weiten Kanal D, in welchen oben das Saugrohr des Exhaustors einmündet.*) Nachdem in AB die Lauge bis zur dünnen Syrupsconsistenz eingedickt ist, wird sie nach dem Calcinirofen

Fig. 29.

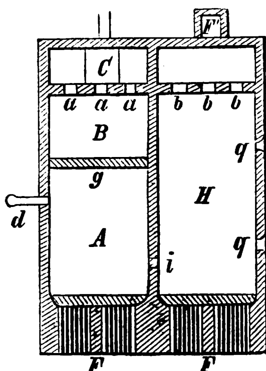
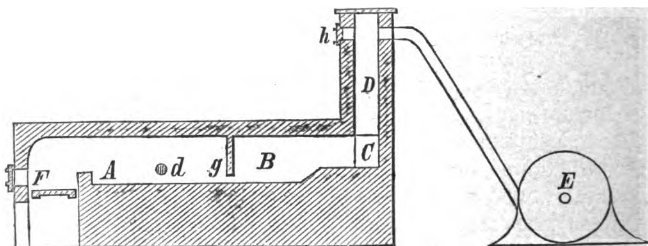


Fig. 30.



H gebracht und in diesem bis zur vollständigen Trockene abgedampft; die Gase und Dämpfe gelangen durch b, b, b zu einer nahe gelegenen Esse F'. Nachdem aus der Masse in H

*) Das Princip dieses Ofens stimmt vollkommen mit dem von V. Werotte patentirten Siedeapparat (Eindampfofen) mit directer Verwendung der Feuergase überein.

sämmtliches Wasser entfernt ist, fängt dieselbe des hohen Fettgehaltes wegen an zu brennen, weshalb von diesem Zeitpunkte ab die dadurch entwickelten heißen Verbrennungsgase durch i nach AB geleitet und daselbst in Gesellschaft mit den Feuerungsgasen zum Abdampfen der dünnen Laugen gebraucht werden. Hört nun schließlich in H die Verbrennung auf, so wird die glühende Masse durch q, q entfernt und in einen viereckigen gemauerten Behälter gebracht, in welchem sie drei Wochen liegen bleibt und während dieser Zeit vollständig ausglimmt. Im ausgebrannten Zustande sieht sie wie hart gewordener Mörtel aus und bildet so die rohe Potasche, welche theilweise in der Fabrik wieder zur Wäsche dient, während der übrige Theil verkauft wird.

Nach Ferrau's Mittheilungen würde seine Methode der Eindampfung von Waschwässern nicht für jede kleine Tuchfabrik rentiren, wohl aber, wenn sich mehrere Tuchfabrikanten zu einer gemeinschaftlichen Anlage vereinigten. Die Ferrau'schen Einrichtungen, welche auf die Verarbeitung von täglich 8000 bis 10,000 Kgr. Wolle berechnet sind, kosten in runder Summe 24,000 Mark und liefern nicht allein Potasche für die eigene Wäsche, sondern auch noch ein sehr erhebliches Plus für den Verkauf — besonders dann wenn Buenos-Ayres- und Montevideo-Wollen verarbeitet werden. Die besprochene Anlage hat sich nach der Aussage des Besitzers binnen einem halben Jahre bezahlt gemacht.

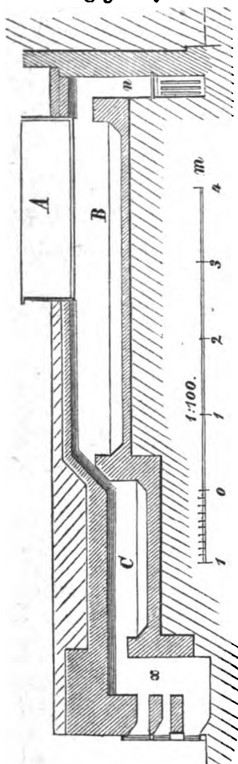
Auch Landolt und Stahlschmidt sehen sich veranlaßt, die Anlage als eine gemeinschaftliche Einrichtung kleineren Fabrikanten zu empfehlen, wobei sie noch besonders hervorheben, daß das Waschen der Wolle mit Potasche, wie es bei diesem Verfahren geschieht, nach allgemeinem Dafürhalten der großen Wollwäscher demjenigen mit Soda vorzuziehen ist.

Auch Hermann Fischer, Civilingenieur in Hannover hat sowohl einen Auslaugeapparat für Wolle als auch einen Verdampfungs- und Calcinirofen construirt, welche in neuester Zeit von Dr. Ferdinand Fischer*) beschrieben worden sind. Der Fischer'sche Auslaugapparat besteht aus 4 Aus-

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 218, S. 484. Siehe auch: Die Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe von Dr. Ferd. Fischer, Leipzig 1875, S. 145.

laugebottichen, welche nach Art einer sogen. russischen Schaukel zwischen zwei um eine horizontale Achse drehbare, radförmige Ringe so aufgehängt sind, daß sie frei um ihre Zapfen schwingen können. Die Drehbarkeit des Apparats gestattet leicht die Ueberführung der Lauge aus einem Bottich in den andern und erleichtert somit die systematische Auslaugung der Wolle. Der Fischer'sche Calcinirofen ist Fig. 31 abgebildet. Die Laugen und Waschwässer werden in das eiserne Bassin A gepumpt, hier durch die abziehenden Verbrennungsgase vorgewärmt und nach Bedürfniß in das Abdampfbassin B eingelassen. Von dort werden die eingedickten Rückstände in den Calcinirraum C geschafft. Sobald sie hier durch die aus dem Feuerraum x kommenden Flammen ausgetrocknet sind, verbrennt Wollfett, Schmutz ꝛc. unter bedeutender Wärmeentwicklung, so daß es durch Regulirung des Luftzutritts gelingt mit 1 Kgr. Kohle, 12 Kgr. Flüssigkeit zu verdampfen. Der Feuerraum, der Calcinirraum und das Abdampfbassin sind aus Chamottesteinen, der Schornstein n ist aus Backsteinen hergestellt. In etwas größeren Dimensionen als den aus der Abbildung ersichtlichen (12 M. lang, 2,3 M. breit, 2 M. hoch) ist der Fischer'sche Ofen in der Fabrik zu Döhren bei Hannover zur Anwendung gebracht worden, wo täglich 5000 Kgr. Wolle ausgelaugt und 152 Kgr. rohe Potasche mit 80 Proc. Kaliumcarbonat gewonnen wurden. Die Lauge ist im Durchschnitt 16 procentig (= 20° B.). Nach Grüneberg kann man sogar aus 1000 Kgr. Wolle circa 150 Kgr. des oben erwähnten calcinirten Rohproduktes erhalten, welches etwa 1/3 seines Gewichtes an reiner Potasche liefert, sodaß an letzte-

Fig. 31.



rer 5 Proc. der Wolle erhalten werden. Nach Balard's Angaben producirten Maumené und Rogelet in ihren Fabriken zu Rheims und Elbeuf im Jahre 1867 150,000 Kgr. reine Potasche. Die Wollwäschereien von Rheims, Elbeuf und Fournier würden aber, wenn alle Waschwässer verarbeitet würden 1,167,000 Kgr. Potasche liefern können.

Außer den bereits genannten Etablissements liefern namentlich die Wäschereien von Watteau und Comp. in Antwerpen, von V. Werotte in Lüttich, von Mehlen in Verviers beträchtliche Mengen von Potasche. Die in den beiden zuletzt genannten Fabriken befindlichen Anlagen stimmen mit den bereits beschriebenen Ferrau'schen im Wesentlichen ganz überein.

Paul Havrez*) hat vorgeschlagen, die Verdampfungsrückstände der Wollwaschwässer, da sie eine beträchtliche Menge stickstoffhaltiger organischer Substanzen einschließen, zur Blutlaugensalzfabrikation zu verwenden. Dieser Vorschlag dürfte sich wohl als vortheilhaft bewähren, da jene Verdampfungsrückstände bei der Blutlaugensalzfabrikation jedenfalls einen wesentlich geringeren Zusatz an thierischen Abfällen erfordern als reine Potasche. —

Der Versuche, kaustische Alkalien, so wie die Carbonate der Alkalimetalle aus den Chlorüren unter Anwendung von Kieselflußsäure zu gewinnen ist oben (S. 311) bei Besprechung dieser Säure gedacht worden; desgleichen wurden Patente, welche einerseits H. de Groussiliers und Siemens andrerseits Grüneberg und Vorster in neuester Zeit auf neue Verfahren der Potaschefabrikation genommen haben, bereits bei Besprechung der Sodafabrikation (Seite 342) erwähnt.

Reines Kaliumdicarbonat läßt sich nach L. Pesci**) dadurch darstellen, daß man durch Alkohol gereinigtes Kalihydrat in 80 grädigem Weingeiste löst, Kohlensäure einleitet und das sich abscheidende Salz mit Alkohol wäscht. — Chlorüre und Nitrate bleiben im Alkohol zurück.

Ueber die Darstellung von kohlensaurem Lithion aus Lepidolith im Großen sind von Filsin-

*) Wagner's Jahresb. 1870, S. 210.
**) Chem. Centralblatt 1876, S. 211.

ger*) Mittheilungen gemacht worden. Derselbe giebt eine historische Zusammenstellung und Kritik der bisher empfohlenen Methoden zur Darstellung des kohlensauren Lithions und kommt zu dem Resultate, daß dieselben aus verschiedenen Gründen für die Ausführung im Großen nicht geeignet sind. Er empfiehlt folgendes Verfahren: Der auf dem Kollergang gemahlene und fein gesiebte Lepidolith wurde in einem Bassin von Mauerwerk, welches an einer warmen Stelle oben auf dem Flammenofen angebracht war, mit concentrirter Schwefelsäure, welche schon anderweitig benutzt war und daher geringe Mengen Salpetersäure enthielt, zu dünnem Brei angerührt und unter gelegentlichem Durcharbeiten mit starken Thonstäben so lange digerirt, bis in Folge der eintretenden Reaction die Masse in Klumpen verwandelt war und in diesem Zustande leicht in den Flammenofen gebracht werden konnte. Bei gelindem Feuer wurden diese Stücke bis zur Verjagung der Fluorwasserstoffsäure und des unbedeutenden Schwefelsäureüberschusses calcinirt, darauf allmählich stärker erhitzt und, meistentheils noch warm, in einem System mit Blei ausgefütterter Gefäße durch Wasser völlig erschöpft. Der Auslaugerückstand erwies sich als ziemlich reine Kieselsäure, welche für andere Zwecke gut zu verwenden war und höchstens 3 Proc. unzersetzten Lepidolith enthielt. Da früher angestellte Versuche ergeben hatten, daß das schwefelsaure Lithion nicht im Stande ist, im Alaun die Stelle des schwefelsauren Kalis zu vertreten, wie schon Rammelsberg erwähnt, so fügte man nach Ausführung einer Kali- und Thonerdebestimmung der Lauge so viel schwefelsaures Kali zu, daß es mit dem schon darin enthaltenen und der schwefelsauren Thonerde Alaun bilden mußte, dampfte in großen kupfernen Kesseln, deren Boden, um das Alaunmehl nicht festbrennen zu lassen, durch ein kleines Gewölbe geschützt war, bei scharfem Sieden ein und soggte das Alaunmehl, in dem Maaße als es niederfiel aus. Dasselbe wurde, völlig erkaltet, in einer Schleudermaschine mit kupferner Trommel möglichst scharf centrifugirt, mit kaltem Wasser in der Maschine gedeckt und gab durch einfaches Umkrystallisiren

---

*) Aus Arch. d. Pharm. (3), Bd. 8, S. 198, durch Chem. Centralblatt 1876, S. 264.

einen vollkommen reinen, sehr gut abzusetzenden Kalialaun, dessen Mutterlauge nennenswerthe Lithionmengen nicht mehr enthielt. Unter lebhaftem Kochen schlug man nun aus der lithionhaltigen Flüssigkeit mittels reiner Kalkmilch die noch in Auflösung befindliche, auf das Gewicht der Gesammlauge bezogen nur 1,5 Proc. betragende Thonerde nieder in Form eines dichten, durch Decantation leicht auszuwaschenden Breies, vereinigte darauf alle Laugen, fällte mit einer Chlorbariumlösung möglichst genau aus und verwandelte so die schwefelsauren Salze in Chlorverbindungen. Auch der gewaschene, schneeweiße und gut deckende schwefelsaure Baryt ließ sich passend verwerthen. Die zur Trockne eingedampfte, aus Chlorlithium, Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorcalcium und (zuweilen auch) aus Chlorbarium bestehende Salzmasse zog man in einer thönernen, im Glycerinbade stehenden und mit Kühler versehenen Blase durch absoluten Alkohol aus, brachte Chlorlithium und Chlorcalcium in Lösung, gewann aus einer daneben stehenden ähnlichen Blase fast sämmtlichen Alkohol wieder und befreite den aufgelösten Rückstand durch oxalsaures Ammonium vom Kalk und durch wenig Schwefelammonium von einem etwaigen Metallgehalt.

Das nun völlig reine Chlorlithium wurde schließlich in einem großen silbernen Kessel concentrirt und gab häufig aus der syrupdicken, weit über 100 Pfd. betragenden Lösung prachtvolle, farnkrautartige Krystallblätter. Durch Fällung mit Ammon und kohlensaurem Ammon erhielt man einen schneeweißen, sehr lockeren Niederschlag, der sich durch 60 proc. Weingeist leicht völlig chlorfrei machen ließ. Das auf großen Auswaschkästen gesammelte Salz wurde auf Hürden getrocknet, gesiebt und verpackt.

Diese Methode hat F. als Dirigent der Schering'schen Fabrik in Berlin ausgearbeitet und daselbst eingeführt.

Die Fabrikation des Lithioncarbonat's ist nach E. Schering*) im Zunehmen begriffen und wird die jährliche Production von demselben auf 2000 bis 3000 Kilo geschätzt. Während man vor 20 Jahren das Pfund Lithioncarbonat mit 240 Mark bezahlte, ist dasselbe jetzt zu 18 bis 20 Mark im

*) Dingl. pol. Journ. 1876, Bd. 219, S. 183.

Handel zu haben. Die größte Menge der vorzugsweise in Deutschland dargestellten Lithionpräparate gehen nach England und Amerika, wo die Anwendung des Lithioncarbonats bei der Behandlung von Blasensteinen, besonders aber auch von Gicht, als Lösungsmittel für das in den Gelenken abgesetzte harnsaure Calcium (das harnsaure Lithium ist leicht löslich) sich mit jedem Jahre weiter verbreitet.

In beschränktem Maaße haben das Lithiumbromid und Lithiumjodid in der Photographie, andere Lithionverbindungen in der Feuerwerkerei Anwendung gefunden.

Rubidium und Cäsium.

R. Godeffroy*) hat die bisher angegebenen Gewinnungsmethoden von Cäsium und Rubidium einer sorgfältigen Prüfung unterworfen und die Atomgewichte dieser beiden Metalle auf's Neue bestimmt. Während wir bezüglich des ersten Theils der Godeffroy'schen Arbeit auf das Original verweisen, mögen die Zahlen welche Godeffroy für die Atomgewichte fand neben denjenigen hier aufgeführt werden, zu welchen andere Chemiker früher gelangten.

	Atomgewicht des	
	Cäsium	Rubidium
Godeffroy	132,6	85,5
Bunsen	132,99	85,36
Johnson und Allen	133,3	—
Mercer	133	—
Piccard	—	85,41

Die Berechnung der Atomgewichte erfolgte auf Grund der Bestimmung des in den Chlorüren der Metalle vorhandenen Chlorgehalts, welcher durch Fällen der Lösung mit Silbernitrat ermittelt wurde. Die zu den Atomgewichtsbestimmungen dienenden Chlorüre stellte Godeffroy aus völlig reinen Cäsiumalaun resp. Rubidiumalaun her.

*) Liebig's Ann. d. Chem. 1876, Bd. 181, S. 176.

Magnesium.

Schwefelsaures Magnesium. Die Magnesiumverbindungen der Abraumsalze des Staßfurter Salzlagers scheinen von Jahr zu Jahr eine größere industrielle Bedeutung zu gewinnen. Die in denselben vorkommenden magnesiumhaltigen Mineralien sind folgende:

Kieserit $MgSO_4 + H_2O$
Carnallit $MgCl_2 + KCl + 6H_2O$
Polyhalit $2CaSO_4 + MgSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2O$
Tachhydrit $CaCl_2 + 2MgCl_2 + 12H_2O$
Kainit $MgSO_4 + K_2SO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$
Schönit oder Pikromerit $MgSO_4 + K_2SO_4 + 6H_2O$
Astrakanit $MgSO_4 + Na_2SO_4 + 4H_2O$
Staßfurtit oder Boracit $2Mg_3B_8O_{15}$, $MgCl_2 + 6H_2O$.

Unter diesen findet namentlich der Kieserit wichtige Verwendungen. Man gewinnt den Kieserit hauptsächlich aus den Rückständen, die ungelöst bleiben, wenn man die Abraumsalze behufs der Chlorkaliumfabrikation mit Wasser behandelt. Diese enthalten nach Frank*) in 100 Theilen durchschnittlich etwa folgende nähere Bestandtheile:

Anhydrit	4,8
Kieserit	29,1
Steinsalz	54,1
Chlorkalium	3,1
Chlormagnesium	3,0
unlösliches (Boracit, Mergel 2c.)	0,3
Wasser	5,6
	100,0

und werden jetzt behufs der Kieseritgewinnung in Staßfurt in folgender Weise verarbeitet:

Die Rückstände werden in einem Gefäße mit falschem (durchlöchertem) Boden mit einem Strome kalten Wassers behandelt, welcher den Kieserit mehlförmig fortschlämmt, während das Steinsalz theils gelöst wird, theils in großen Stücken zurückbleibt und, nachdem es abgespült und getrocknet ist, für Herstellung von Gewerbesalz oder Viehsalz denaturirt und ge-

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 217, S. 399 u. 496.

mahlen werden kann. Das Wasser resp. die Kochsalzlösung mit dem aufgeschlämmten Kieserit und den darin theilweise mit suspendirten anderen unlöslichen Stoffen, Anhydrit, Mergel ꝛc., wird durch eine Rinne auf ein feinmaschiges Sieb geleitet, wie solche bei der Stärkefabrikation Anwendung finden. Auf dem Siebe bleiben die gröberen Anhydritkrystalle, Steinsalzstückchen ꝛc. liegen, während Kieserit und die anderen feinen aufgeschlämmten Stoffe mit dem Wasser durch das Sieb in ein darunter befindliches flaches Gefäß gehen, in welchem sich der Kieserit bei verlangsamter Geschwindigkeit des Wasserstromes in Folge seines höheren Volumgewichtes rasch absetzt; die anderen mitgeschlämmten Stoffe gehen mit dem abfließenden Wasser fort. Sobald sich das Kieseritmehl in dem Absatzkasten etwas angesammelt hat, wird die breiige Masse mit Schaufeln herausgestochen und in Formen geschlagen, in denen sie durch Bindung des noch beigemischten Wasser nach Art von gebranntem Gyps bald zu festen Blöcken erstarrt, welche je nach der angewendeten Blechform cylindrisch oder parallelepipedisch sind, meist 25 bis 30 Kgr. wiegen und in dieser Form zur weiteren Verwendung beziehw. zum Versandt kommen. Der Kieserit enthält durchschnittlich:

55—60	Proc.	Magnesiumsulfat,
8—10	„	Calciumsulfat (freie Anhydritkrystalle),
2—4	„	Natriumchlorid,
0—0,5	„	Magnesiumchlorid,
0—0,5	„	unlösliche Stoffe (Mergel, Boracit ꝛc.),
Rest		Wasser,

läßt sich also als ein unreines Bittersalz mit 3 bis 3½ Mol. Krystallwasser betrachten. Eine theilweise Entfernung dieses Wassergehaltes, durch Glühen findet für gewisse Verwendungszwecke statt, und wird auf diese Weise eine calcinirte Waare mit einem durchschnittlichen Gehalt von 75 Proc. wasserfreiem schwefelsaurem Magnesium (72 bis 80 Proc.) hergestellt. — Der Preis des rohen Kieserits ist zur Zeit zwischen 0,3 bis 0,8 M. per 100 Kgr. ab Staßfurt, und da er bei einem Gehalt von 60 Proc. wasserfreiem schwefelsauren Magnesium 40 Proc. wasserfreier Schwefelsäure enthält, so bietet sich darin der Technik wohl das billigste, lösliche, schwefelsaure Salz für zahlreiche Fällungs- und Umsetzungsprocesse; auch ist selbst-

redend das jetzt in gewissen Industriebranchen massenhaft gebrauchte Bittersalz aus keinem Rohstoff billiger herzustellen als aus dem Kieserit, welcher bei einfachem Behandeln mit kaltem oder besser heißem Wasser nach Aufnahme der ihm noch fehlenden Mengen Krystallwasser in das leicht lösliche krystallisirte schwefelsaure Magnesium ($MgSO_4 + 7$ aq) übergeht.

Die Fabrikation des Bittersalzes als Nebenartikel wird in Staßfurt selbst von mehreren Firmen betrieben; da indeß krystallisirtes Bittersalz bei einem Wassergehalt von 52 Proc. nur 48 Proc. schwefelsaures Magnesium enthält, gegen 55 bis 60 Proc. im Kieserit, und außerdem kostspielige Emballage erfordert, um ungünstigen Einflüssen während des Transportes widerstehen zu können, so wird von England, den Vereinigten Staaten ꝛc., nur roher Kieserit in Blöcken bezogen und dessen geklärte Lösung entweder direct verbraucht, oder daraus an der Gebrauchsstelle selbst krystallisirtes Bittersalz dargestellt, welches dann gar nicht getrocknet, sondern durch bloßes Centrifugiren von anhängender Lauge befreit und in Säcken versendet wird. Hauptsächlichste Verwendung findet das so gereinigte Salz zum Appretiren von Baumwollstoffen, um dieselben, wie der Kunstausdruck beschönigend lautet, „griffig" zu machen, d. h. ihnen scheinbar Qualität und Gewicht dichter stoffreicher Zeuge zu geben. Zu diesem Zwecke werden die Stoffe durch concentrirte Bittersalzlösungen passirt und dann langsam getrocknet. Die nadelförmigen, weichen und seideglänzenden Bittersalzkrystalle vereinigen sich dabei sehr fest mit der Gespinnstfaser und ertheilen derselben einen erhöhten Lustre, welcher den Laien, d. h. in diesem Falle das große Publikum, täuscht. Selbstverständlich wird das scheinbar so dichte, kräftige Zeug alsbald zu einem losen unscheinbaren Lappen, wenn der Käufer die erste Wäsche damit vornimmt. Frank erzählt von ihm zu Händen gekommenen, mit Bittersalz appretirten Stoffen, welche durch bloßes Auswaschen mit destillirtem Wasser 53 Proc. ihres Gewichtes verloren und nur circa 40 Proc. wirkliche Baumwolle enthielten; bei solcher Zusammensetzung kann es nicht Wunder nehmen, wenn das Kilogramm fertiger gewebter und appretirter Baumwollwaaren zur Zeit billiger auf dem Markte ist, als das gleiche Gewicht roher unversponnener Baumwolle! In Deutschland ist diese Verwendung des Bittersalzes noch nicht

so verbreitet als in England, wo aber auch von den bedeutendsten Journalen (Times 1869, pag. 70, 71) gegen den Mißbrauch der Appreturzusätze eindringlichst gewarnt wird. Enthält das zur Appretur verwendete Bittersalz Chlor, namentlich als Chlormagnesium, so werden die Stoffe nicht nur feucht, sondern auch beim Passiren über die Trockenwalze des Kalanders brüchig und mürbe in Folge der Bildung von Salzsäure ($MgCl_2 + H_2O = 2HCl + MgO$).

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß Kieserit als das zur Zeit billigste, im Wasser lösliche Sulfat in manchen Fällen die Schwefelsäure ersetzen könne. Das geschieht z. B. bei der Darstellung von blanc fixe (gefälltes Bariumsulfat) das man jetzt durch Fällen einer Chlorbariumlösung mit Kieseritlösung herstellt. In gleicher Weise gewinnt man das unter dem Namen Annaline namentlich in der Papierfabrikation verwendete, gefällte Calciumsulfat durch Vermischen einer Chlorcalcium- und Kieseritlösung. Ferner hat Frank durch Fällen einer Lösung von schwefelsaurem Magnesium mit Aetzkalk oder Aetzbaryt ein aus einem Gemenge von Magnesiahydrat und Calciumsulfat resp. Bariumsulfat bestehendes Präparat dargestellt, welchem er den Namen Magnesiaweiß beilegt und welches sich als Füllstoff für Papier noch besser bewähren soll als Annaline. Daß man, wo Lösungen von Chloraluminium zur Verfügung stehen, durch Zusatz von Kieserit und Chlorkalium resp. durch Zusatz von Kieserit und Kainit Alaun gewinnen kann, ($Al_2Cl_6 + 2MgSO_4, + MgSO_4\ K_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3, K_2SO_4 + 3MgCl_2$) liegt auf der Hand. Die Verwendung des Kieserit zur Herstellung des sogenannten Kieseritcement's nach Grüneberg's Vorschlag ist schon Bd. IX, S. 295 besprochen worden, und ebenso ist in diesem Bande Seite 350 bereits der Methoden gedacht worden, deren man sich bedient hat, um durch Einwirkung von Kieserit auf Chlorkalium resp. aus Kainit Kaliumsulfat zu gewinnen. Daß man Glaubersalz fabricirt, indem man die Lösung eines Gemenges von Kieserit und Steinsalz (wie solches beim Lösen der Abraumsalze in den Chlorkaliumfabriken rückständig bleibt) der Winterkälte aussetzt, wobei das Glaubersalz auskrystallisirt, ist bekannt. Frank giebt an, daß die vereinigte Actiengesellschaft Leopoldshall nach diesem Verfahren bei günstigen kalten Nächten

bis zu 3000 Centner rohes krystallisirtes Glaubersalz in 24 Stunden gewinnt, und daß dieselbe im Winter 1874/75 250,000 Centner rohes Glaubersalz auf diese Weise fabricirt und weiter verarbeitet hat. Beträchtliche Mengen von Kieserit sollen noch in der Landwirthschaft als Ersatz des Gypses bei der Kleedüngung consumirt werden, und nach Reimann bedient man sich des Magnesiumsulfats mit Vortheil auch in der Wollfärberei namentlich beim Färben von Hofmann'schem Violett und Anilinviolett, und zwar sollen diese Farben bei Gegenwart von Magnesiumsulfat der Wirkung der Seife besser widerstehen. Schließlich sei noch an die Verwendung des Bittersalzes in der Telegraphie zur Herstellung constanter Batterien, sowie an die Verwendung desselben zu medicinischen Zwecken erinnert. Trotz dieser mannigfachen Verwendungen findet der Staßfurter Kieserit noch nicht einen befriedigenden Absatz und ist man daher noch immer bemüht, neue Absatzwege und weitere Verwendungen für denselben ausfindig zu machen.

Chlormagnesium. Noch weniger entsprechend dem Umfange der Production ist der Verbrauch des Chlormagnesiums. Aus den bei der Verarbeitung der Staßfurter Abraumsalze fallenden letzten Laugen, welche als wesentlichsten Bestandtheil Chlormagnesium enthalten, könnten nach Frank jährlich 2 bis 3 Millionen Centner trocknes Chlormagnesium gewonnen werden; man gewann aber nach einer Angabe Biedermann's thatsächlich im Jahre 1873 in Folge des mangelnden Bedarfes nur etwa 130,000 Centner an krystallisirtem und geschmolzenem Chlormagnesium, während der Rest preisgegeben wurde. Als die zur Zeit bedeutendste Verwendung des Chlormagnesium's bezeichnet Frank a. a. O. diejenige, welche das Präparat durch Joseph Townsend in der Webwaarenfabrikation gefunden hat. Man benutzt es hier als Zusatz zur Schlichte, weil es die Schlichten vor Zersetzung schützt und durch seine Hygroskopicität den Faden ohne künstliche Anfeuchtung geschmeidig erhält. Das Chlormagnesium wird für diesen Zweck in krystallisirter Form ($MgCl_2 + 6H_2O$) durch einfaches Eindampfen der Endlaugen von der Chlorkaliumfabrikation auf 39° B. und Einfüllen der heißflüssigen Masse in Buchenholzfässer oder Petroleumbarrels fertig gemacht und werden davon jetzt jährlich gegen 120,000 Centner zu einem

Preise von etwa 3 Mark pro Centner ab Staßfurt nach England versendet. In Deutschland hat die Verwendung des Chlormagnesiums als Zusatz zur Schlichte zur Zeit noch nicht Anklang gefunden. Die Verwendung des Chlormagnesium's zur Herstellung des Sorel'schen Cements ist schon früher (Bd. III, S. 399 und Bd. VI, S. 240) besprochen worden.

Nach Frank hat vielleicht die Verwendung des Chlormagnesiums als Klärungs- und Neutralisationsmittel bei der Verarbeitung des Zuckerrübensaftes eine Zukunft. Nachdem Scheibler mit Marschall und Felz festgestellt hatte*), daß es hauptsächlich nur die selbst nicht krystallisirenden organischen und kohlensauren Verbindungen der Alkalien sowie die Aetzalkalien sind, welche die Krystallisation des Zuckers verhindern und dadurch zu Melassebildnern werden, während die selbst leicht krystallisirenden Alkalisalze, namentlich Chloride und Sulfate, nicht nur keine Melassebildner sind, sondern sogar theilweise als Verhinderer der Melassebildung wirken, hat man der Neutralisation der Alkalien volle Aufmerksamkeit gewidmet und neben der directen Verwendung von Säuren — Phosphorsäure, Schwefelsäure, schwefliger Säure 2c. — namentlich solche Salze herangezogen, welche sich mit den schädlichen alkalischen Salzen leicht umsetzend, diese neutralisiren. Von Morgenstern wurde hierzu das Magnesiumsulfat vorgeschlagen, da aber ein nicht immer zu vermeidender Ueberschuß desselben zur Bildung des in den Zuckersäften sehr störenden Gypses Anlaß giebt, so sah man von diesem Präparat bald wieder ab und benutzte nach Wandels und Franks Vorschlag eine Lösung von Chlormagnesim gewissermaßen als neutrale Säure, da ein Ueberschuß davon nichts schaden konnte, während die bei der Zerlegung des Chlormagnesiums durch die Aetzalkalien sich abscheidende Magnesia zugleich als Klärmittel diente und große Mengen organischer Verunreinigungen des Saftes, ähnlich wie dies schon bei der sogenannten Saturation geschieht, mit niederreißt. Nach Scheiblers neuesten noch nicht abgeschlossenen Arbeiten scheint es

*) Zeitschrift des Vereins für Rübenzuckerindustrie in Deutschland: Marschall 1870, 339 und 619; derselbe 1871, 97; Felz 1870, 357.

als ob die Anwendung der Magnesia selbst neben den freien Säuren belangreiche Vortheile böte.

Weiter ist nach Frank das Chlormagnesium bei der Darstellung von Chlorbarium mit Erfolg an Stelle von Chlorcalcium oder Chlormangan verwendet worden, indem man ein Gemisch von Schwerspath, Kalk, Chlormagnesium und Kohle glühte, und damit ein für viele Zwecke namentlich für das de Haen'sche Kesselspeisewasserreinigungsverfahren sehr brauchbares Chlorbarium erhielt, welches nach entsprechender Reinigung auch für Herstellung von Blanc fixe (mittelst schwefelsaurem Magnesium) brauchbar sein dürfte.

Etwas Chlormagnesium wird noch zur Herstellung der Süvern'schen Desinfectionsmasse verwendet, welche man bereitet, indem man 50 Kgr. gebrannten Kalk mit ca. 120 Liter Wasser zu Brei löscht und in den Brei etwa 9 Kgr. Chlormagnesium und 6 Kilo Theer einrührt.

Der auf der hygroskopischen Eigenschaft des Chlormagnesiums fußende Vorschlag, dasselbe dem zur Straßenbesprengung dienenden Wasser zuzusetzen, dürfte wohl kaum viel Anklang finden, da man durch Anwendung größerer Massen von Sprengwasser annähernd denselben Effekt erreichen kann, wie durch den Zusatz von Chlormagnesium.

Ebenso hat sich die schon von Balard vorgeschlagene Benutzung der leichten Zersetzbarkeit des Chlormagnesiums beim Erhitzen zur Gewinnung von Salzsäure bisher in der Praxis noch keinen Platz erobert, da die hierbei resultirende Salzsäure sehr dünn, die vollständige Zersetzung schwierig und langsam, der Proceß daher bei dem billigen Preise der Salzsäure aus anderen Quellen nicht lohnend ist. Auch Weldons Vorschlag bei der Revivication des Braunsteins das Chlormagnesium zu verwenden, hat noch nicht die gewünschte Beachtung gefunden, und ebensowenig sind bisher die für hüttenmännische Zwecke — chlorirendes Rösten — so werthvollen Eigenschaften des Chlormagnesiums in größerem Maaßstabe benutzt worden. Trotz alledem spricht Frank am Schlusse seines Berichtes über die Staßfurter Industrie die bestimmte Hoffnung aus, daß diese für viele Zwecke so brauchbare und in Staßfurt so massenhaft als beinahe werthloses Nebenprodukt fallende Verbindung mit der Zeit eine größere Rolle in der Technik spielen wird.

Gallium.

Mit diesem Namen bezeichnet Lecoq de Boisbaudran*) ein von ihm entdecktes, neues Metall. Dasselbe tritt als Begleiter des Zinks auf und wurde in einer Blende der Grube Pierrefitte im Thale Angelès (Pyrenées), später auch in einer durchsichtigen Blende von Santander und in der schwarzen Blende von Bensberg aufgefunden. In dem Zinke der Vieille-Montagne konnte dasselbe nicht nachgewiesen werden, wohl aber im Zinkstaub derselben Hütte. Das Spectrum desselben soll durch zwei violette Linien charakterisirt sein, deren eine, einer Wellenlänge von 417 Milliontel eines Millimeter entsprechend, sehr leicht sichtbar ist, während die andere, einer Wellenlänge von 403,1 Milliontel eines Millimeter entsprechend, weniger deutlich hervortritt.

Die Eigenschaften des neuen Metalls und seiner Verbindungen sind wegen Mangels an Material zur Zeit nur unvollkommen untersucht. Das in Wasser lösliche Chlorür und das Sulfat des Metalls geben mit Ammoniak einen Niederschlag, der in überschüssigem Ammoniak in geringer Menge löslich ist. Kaustisches Kali löst das Galliumoxyd in reichlicherer Menge auf. Das in Wasser und auch in 60 procentigem Weingeist lösliche Sulfat giebt mit Ammoniumsulfat ein in Octaëdern oder Würfeln des tesseralen Systems krystallisirendes Doppelsalz, welches ein Alaun zu sein scheint. — Aus der alkalischen Lösung des Sulfats läßt sich das Gallium mittelst des elektrischen Stroms metallisch niederschlagen und zwar bildete es, wenn es aus ammoniakalischer Lösung abgeschieden wurde, auf einem als negative Elektrode dienenden Platinblech einen matt silberglänzenden, aus mikroskopischen Krystallen bestehenden Absatz, der unter dem Polirstahl Glanz annahm; wenn es aber aus einer Lösung in überschüssigem Kali ausgeschieden wurde, wurde es in flüssigem Zustande, in Form kleiner Tröpfchen erhalten. Lecoq de Boisbaudran schreibt den festen Zustand des aus ammoniakalischer Lösung gefällten Metalls der Anwesenheit eines geringen Zinkgehaltes zu, welcher in demselben spektralanalytisch nachgewiesen werden konnte. Das reine Gallium schmilzt bei 29,5° C. und erhält

*) Comptes rendus t. 81, p. 493 und p. 1100; t. 82, p. 168, 1036, 1098.

sich leicht im Zustande der Ueberschmelzung, so daß Tröpfchen desselben bis gegen 0° abgekühlt werden konnten, ohne zu erstarren. Geringe Beimengungen anderer Metalle scheinen den Schmelzpunkt sehr wesentlich zu erhöhen. Einmal erstarrt erweist sich das Gallium selbst noch wenige Grade unter seinem Schmelzpunkt hart und widerstandsfähig. An der Luft bis zur Rothgluth erhitzt, oxydirt sich das Gallium nur oberflächund verflüchtigt sich nicht. Auch beim Waschen mit Wasser oxydirt es sich nicht, aber in verdünnter Salzsäure löst es sich leicht unter Wasserstoffentwicklung. —

In Folge des Umstandes, daß das Gallium einen Alaun bildet, dürfte dasselbe wohl dem Aluminium zur Seite zu stellen sein und findet dadurch eine von Mendelejeff*) ausgesprochene Idee eine weitere experimentelle Bestätigung. Mendelejeff erinnert nämlich daran, daß er schon im Jahre 1869**) ein System der Elemente, auf dem Princip der periodischen Abhängigkeit der Eigenschaften von dem Atomgewichte beruhend, entwickelt und auf mehrere Lücken in der Classifikation der bekannten Elemente aufmerksam gemacht habe. Unter den fehlenden Elementen befindet sich ein als Ekaaluminium bezeichnetes, dessen Atomgewicht = 68 berechnet wurde. Mendelejeff glaubt nun, daß das Gallium jenes fehlende Ekaaluminium sei, also den Uebergang zwischen dem Indium und Aluminium bilde. In der That fand Lecoq de Boisbaudran das Gallium bei 15° C. 4,7 mal so schwer als Wasser von gleicher Temperatur, während sich das arithmetische Mittel der specifischen Gewichte des Aluminiums und Indiums bei 0,° = 4,8 berechnet.

Lecoq konnte bis jetzt der Pariser Akademie in der Sitzung vom 1. Mai 1876 nur 1 Decigramm des isolirten neuen Metalls vorlegen, daher die angeführten Zahlen, welche unter Anwendung sehr geringer Metallmengen ermittelt wurden, noch nicht als definitiv festgestellt betrachtet werden können.

Aus einem längeren Vortrage, welchen Lecoq in der pariser chemischen Gesellschaft***) hielt, geht hervor, daß die Methode, welche er zur Extraction und Reinigung des neuen

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 60 und 64.
**) Ber. d. d. chem. Ges., Bd. 2, S. 553 u. Bd. 3, S. 990.
***) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, Bd. 9, S. 726.

Metalls anwendet, im Wesentlichen darauf beruht, daß Gallium durch Zink aus neutraler Lösung als basisches Salz gefällt wird, ferner durch Schwefelwasserstoff nur aus essigsaurer Lösung und zwar nur bei gleichzeitiger Gegenwart einer hinreichenden Menge Zink vollständig fällbar ist, und endlich aus siedender Lösung durch Natriumcarbonat vor dem Zink niedergeschlagen wird.

Eisen.

Stahl. Nach einer Angabe Gurlt's in Bonn hat sich die Stahlproduktion Deutschlands, die im Jahre 1860 nur 506,000 Centner betrug, bis zum Jahre 1871 auf 3½ Millionen Centner gehoben, und nimmt dieselbe gegenwärtig unter allen Ländern der Welt den ersten Rang ein, indem sie die Englands um eine Million und die Frankreichs um mehr als zwei Millionen Centner übertrifft. Zwar dürfte wohl der momentane niedrige Preis des Stahls zum Theil als die Folge einer stattgefundenen Ueberproduktion anzusehen sein, doch ist derselbe jedenfalls hauptsächlich durch die außerordentlichen Fortschritte herbeigeführt worden, welche die Stahlfabrikation durch die Hülfe der Chemie in den letzten Jahren gemacht hat. Gelingt es doch jetzt Stahl aus Materialien zu gewinnen, die man früher für absolut untauglich zur Stahlfabrikation hielt. Man stellt sehr verschiedene Stahlsorten her, je nach der Verwendung, die derselbe finden soll, doch ist es durch die Massenproduktion und die wohlfeile Darstellung möglich geworden, dieses Metall für Gegenstände zu verwenden, für die man vorher gar nicht daran denken konnte.

Neuere Auffassungen des Begriffs „Stahl." Dadurch daß man in neuerer Zeit so verschiedene Sorten von Stahl, darunter auch solche erzeugt hat, welche den Uebergang vom Stahl zum Schmiedeeisen vermitteln, ist der Umfang des Begriffes Stahl ein ziemlich unsicherer geworden. Nach älterer Definition versteht man unter Stahl jedes mehr oder minder reine Eisen, welches — gleichviel ob gegossen oder nicht — geeignet ist, durch Ablöschen Härtung anzunehmen, und welches sich im kalten und warmen Zustande schmieden läßt, außer wenn es plötzlich abgeschreckt wurde, während man unter Schmiedeeisen alles im kalten und heißen Zustande schmiedbare

Eisen versteht, welches nicht fähig ist, Härtung anzunehmen. Viele — unter ihnen Gruner — vertheidigen noch heute diese Definition. Allein die Härtungsfähigkeit des Stahles nimmt allmählich ab und zwar in dem Maaße als sich sein Kohlenstoffgehalt vermindert, und es ist schwer die Grenze festzustellen, wo der Stahl in Schmiedeeisen übergeht. In älteren Lehrbüchern (siehe auch dieses Jahrbuch Bd. I, S. 282) ist ein Kohlenstoffgehalt von 0,6 Proc. als die Grenze bezeichnet, bei welcher dieser Uebergang von Stahl in Schmiedeeisen statt hat. Aber man kann unter sogenanntem Bessemerstahl Ingots finden mit nur 0,5 Proc. Kohlenstoffgehalt, die zur Erzeugung von vorzüglichen Werkzeugen für einzelne Zwecke geeignet sind, und dieselben sind auch zur Erzeugung von Rails vollkommen tauglich; und weiter entbehren vielleicht 5 Proc. derjenigen Produkte, welche jeder Industrielle mit dem Namen Stahl bezeichnet, der Härtungsfähigkeit, während auch einige Gußeisensorten in gewissem Grade härtungsfähig sind. Nimmt man die Grenze zwischen Schmiedeeisen und Stahl mit A. Gurlt als einem Kohlenstoffgehalte von ungefähr 0,25 Proc. entsprechend an, so würde man heute mancherlei als Stahl anzusprechen haben, was man früher als Schmiedeeisen bezeichnete.

Deshalb hat A. Greiner*) Ingenieur und Betriebsleiter der Stahlwerke der Gesellschaft Cockerill zu Seraing vorgeschlagen, den Namen „Stahl" für alle aus Eisenerzen im Zustande des Flusses erhaltenen schmiedbaren Produkte zu reserviren. Der Kohlenstoffgehalt ist dann bei der Unterscheidung von Stahl und Eisen nicht mehr maaßgebend. Der flüssige Zustand, aus welchem man den gegossenen Stahl erhält, ist nach Greiner die Quelle der hervorragenden Verwendbarkeit dieses Metalls. Homogenität des Produktes und Reinheit desselben von jeder Schweißnath, von Schlacken und Ungänzen ist Folge dieser Entstehungsart.

Greiner unterscheidet demnach:

1. Eisen, d. i. ein nicht gegossenes aber schmiedbares Metall,

2. Stahl, d. i. gegossenes und schmiedbares Metall,

---

*) Oesterr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1875, S. 403 und 414.

3. Gußeisen, d. i. gegossenes aber nicht schmiedbares Metall.

Greiner giebt an, daß sich Jordan und der Amerikaner Holley zu seiner Ansicht bekennen, auch W. Hackney in England soll sich derselben anschließen.

Eine Unterscheidung des Eisens und Stahls würde nach Greiner am besten durch eine Probe auf die Zugfestigkeit zu ermöglichen sein. Stäbe von 100 Mm. Länge und 15 Mm. Durchmesser haben nach ihm die für die Durchführung der Versuche geeignetste Form. Eisensorten reißen bei Beanspruchung von 40—42 Kgr. pro Quadratmillimeter und erfahren eine Ausdehnung von 18—22 Proc. während Stahl (gegossener, von gleicher chemischer Zusammensetzung) 48—50 Kgr. Belastung aushält und eine Ausdehnung von 25—27 Proc. zeigt.

Schließlich empfiehlt Greiner folgende Classifikation des Eisens und Stahls.

	Kohlenstoffgehalt.	Eisen.	Stahl.
1)	0,00—0,15	gewöhnliches	extraweicher
2)	0,15—0,45	Feinkorn	weicher
3)	0,45—0,55	stahlartiges	halbharter
4)	0,55—1,0	cementirtes	harter.

Man erkennt, daß hiernach das, was man bisher Puddelstahl nannte, unter Eisen Nr. 3 und, daß der bisherige Cementstahl unter Eisen Nr. 4 rangiren würde.

Es wäre nach Greiner vielleicht empfehlenswerth, die Grenze zwischen der zweiten und dritten Sorte von 0,45 auf 0,35 oder wenigstens auf 0,40 herabzusetzen und somit den Umfang der zweiten zu vermindern, den der dritten zu erweitern.

Eine systematisch geordnete Zusammenstellung der verschiedenen Methoden der Stahlbereitung ist kürzlich von Prof. Heeren*) veröffentlicht worden. Dieselbe dürfte bei der großen Zahl der jetzt zur Anwendung gebrachten Methoden wohl Manchem nicht unwillkommen sein. Da indessen die Mehrzahl dieser Fabrikationsmethoden in den früheren Bänden dieses Jahrbuchs bereits zur Sprache gebracht worden ist, glauben

*) Mittheilungen des Hannöverschen Gewerbevereins 1876 und Deutsche Industriezeitung 1876, S. 232.

wir uns mit dem Hinweis auf die Heeren'sche Abhandlung begnügen zu sollen.

Phosphorstahl. Daß ein geringer Gehalt von Phosphor die Eigenschaften der Metalle in sehr erheblichem Grade zu modificiren vermag, ist eine längst bekannte Thatsache. Roheisen wird um so leichtflüssiger je phosphorreicher es ist, wird aber spröde und leichtbrüchig sobald sich der Phosphorgehalt wesentlich über 1/2 Proc. erhebt. Man verwendet daher ein phosphorreiches Eisen mit Vorliebe zu Gußwaaren, die nicht viel auszuhalten haben, insbesondere bediente man sich eines Gußeisens von ziemlich hohem Phosphorgehalt bei Bereitung der zum Theil sehr zierlichen, gußeisernen Schmuckgegenstände, die sich vor einer Reihe von Jahren einer ziemlichen Beliebtheit zu erfreuen hatten. Phosphorhaltiges Schmiedeeisen läßt sich gut und schneller als gewöhnliches Schmiedeeisen schweißen, erweist sich aber bei gewöhnlicher Temperatur weniger fest und wird nach Karsten vollkommen kaltbrüchig, sobald der Phosphorgehalt 0,8 Proc. übersteigt. Noch mehr tritt dies beim Stahl hervor. Zu Seraing versuchte man Roheisen welches 0,69 Proc. Phosphor enthielt in Stahl überzuführen, und erhielt ein Produkt, das sich sehr gut zu Schienen auswalzen ließ, in der Kälte aber spröde war wie Glas, und nach Wedding erhielt man auf der Königshütte in Oberschlesien aus einem 0,94 Proc. Phosphor enthaltendem Roheisen durch den Bessemerproceß einen Stahl, der sich walzen, schmieden und schweißen ließ, auch ein feines homogenes Korn zeigte, aber zu starke Kaltbrüchigkeit besaß, um zu Achsen, Bandagen und Bahnschienen verarbeitet werden zu können. (Siehe auch Bd. V, S. 321.) Neuerdings theilt indessen Adolph Greiner*) mit, daß Phosphor nicht allein die Elasticität des Stahles im kalten Zustande in schädlicher Weise vermindere, sondern ihn auch seiner Hämmerbarkeit und Streckbarkeit in der Hitze beraube. Nach Greiner reißen phosphorhaltige Ingots (Stahlblöcke) leicht unter dem Hammer und geben nur dann guten Stahl, wenn sie Mangan**) enthalten. Hiernach erblickt

*) Dingl. pol. Journ. 1875. Bd. 217, S. 33.

**) Ueber den Einfluß, den der Mangangehalt des Eisens bei der Stahlfabrikation ausübt, siehe dies. Jahrb. Bd. VI, 215 u. Bd. VII, 372 u. Bd. IX, 282.

Greiner in dem Mangangehalt ein Correctif für die Qualitätsverminderung, die der Stahl durch einen Gehalt an Phosphor erfährt, da es in Folge eines Mangangehaltes möglich wird, Stahlsorten im Walzwerke zu verarbeiten, welche ohne jenen Mangangehalt in Folge ihres Gehalts an Phosphor oder Metalloiden überhaupt dazu ganz untauglich sein würden. Auch Chatellier*) hat darauf hingewiesen, daß man in der Umgegend von Lüttich (zu Dugré, Grevignée &c.) aus phosphorsäurehaltigen Erzen welche ein gewöhnliches Frischroheisen mit 1 bis 2 Proc. Phosphor geben, ein ausgezeichnetes Material für die Darstellung von Feinkorneisen dadurch gewinnt, daß man dieselben mit manganhaltigen Erzen, z. B. den nassauischen, welche neben 33 Proc. Eisen 15 Proc. Mangan enthalten, unter Umständen verschmilzt, welche die Entstehung eines manganreichen Roheisens gestatten. Chatellier scheint indessen der Ansicht zu sein, daß beim Behandeln eines Phosphor und Mangan enthaltenden Roheisens im Puddelofen der Mangangehalt zur besseren Abscheidung des Phosphors beitrage, während nach Greiner der Mangangehalt die üblen Eigenschaften compensirt, welche der nicht abgeschiedene Phosphorgehalt dem Stahl ertheilen würde, wenn das Mangan nicht zugleich zugegen wäre. Dabei erachtet es Greiner allerdings als wesentlich, daß bei der Ueberführung phosphorhaltiger Roheisensorten in Stahl der Kohlenstoffgehalt des letzteren möglichst vermindert werde, damit nicht der von Phosphor bedingten Sprödigkeit noch die vom Kohlenstoffe herrührende Härte hinzu gefügt werde. Als die Maximalgrenze, über welche hinaus der Phosphorgehalt des Stahls nicht steigen dürfe, ohne daß die industrielle Verwendung des letzteren in Folge des Verlustes an Widerstandsfähigkeit in Frage gestellt werde, bezeichnet Greiner einen Gehalt von 0,20 bis 0,25 Proc. Immerhin glaubt Greiner, daß bei Berücksichtigung der vorstehenden Angaben, die phosphorhaltigen Stahlsorten berufen seien, eine gewisse Bedeutung in der Eisenindustrie zu erlangen. Auch Euverte**), Director der Stahlhütte Terrenoire hat früher schon die Aufmerksamkeit der Metallurgen auf

*) Revue universelle 1874, t. 35, p. 458.
**) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 216, S. 342.

die Rolle gelenkt, welche Mangan und Phosphor im Stahl spielen. Daß die Phosphor und Mangan enthaltenden Stahlsorten auch jetzt schon nicht ohne Bedeutung sind, geht aus einigen ferneren Mittheilungen Greiners über die Beobachtungen hervor, welche bei der Fabrikation von Phosphorstahl auf zwei deutschen Werken gemacht wurden.

Das erste Werk, welches Phosphorstahl producirte, sagt Greiner a. a. O. war die Königin-Marienhütte zu Kainsdorf bei Zwickau; einige Jahre später führte auch die Maxhütte bei Schwandorf (Bayern) diese Fabrikation ein. Das in der Marienhütte zum Bessemern verwendete Roheisen und der daraus gewonnene Stahl haben durchschnittlich folgende procentische Zusammensetzung:

	Roheisen.	Phosphorstahl.
Silicium	2,50 Proc.	0,40 bis 0,70 Proc.
Schwefel	0,04 „	0,06 Proc.
Phosphor	0,10 bis 0,12 Proc.	0,10 bis 0,15 Proc.
Mangan	2,60 bis 4,00 „	0,40 bis 0,70 „
Kohlenstoff	3,50 Proc.	0,15 Proc.

Das Maxhütter Roheisen enthält im Durchschnitt 4,0 Proc. Mangan und im Minimum 0,1 Proc. Phosphor; es sind aber auch Roheisensorten von 0,2 Proc. Phosphorgehalt verschmolzen worden und überdies geben die Koke beim Einschmelzen des Roheisens im Cupoloofen noch einen Theil ihres Phosphorgehaltes an das letztere ab. Es ist zu beachten, daß bei dem Phosphorstahl der Marienhütte die Entkohlung so weit getrieben ist, als dies nur möglich ist, und daß derselbe neben dem Phosphorgehalt noch einen beträchtlichen Mangangehalt zeigt. Der Stahl der Königin-Marienhütte und der Maxhütte ist auffallend dünnflüssig, da der Mangangehalt, welcher das Roheisen dünnflüssig macht, diese Eigenschaft auch dem Stahl ertheilt, und eben dieser Mangangehalt verleiht auch den Produkten der Marien- und Maxhütte Schweißbarkeit. Viele Ingots, die bei der weiteren Bearbeitung unter dem Hammer oder im Walzwerk reißen, verlieren diese Risse bei der nachfolgenden Arbeit, indem diese in Folge der stärkeren Hitze, welche manganhaltiger Stahl leicht erträgt, wieder zusammenschweißen. Auch auf der Königin-Marienhütte hat die Praxis gelehrt, daß der Stahl bei einem Phosphorgehalt von mehr

als 0,20 Proc. trotz des Mangangehalts zu brüchig wird und man betrachtet diese Grenze als ein Maximum, welches man für gewöhnlich nicht erreichen darf.

Die einzige Verwendung, zu welcher der phosphorhaltige Stahl der Marienhütte und Maxhütte taugt, ist nach Greiner die Benutzung zur Herstellung der Stahlkopfschienen. Man betrachtet jene Stahlarten sogar als unanwendbar für eine laufende Fabrikation von homogenen Stahlschienen. Für den gedachten Zweck werden die Ingots zu Deckplatten von 40 bis 50 Mm. Stärke und der Breite der Schienenpakete, mit einer Rippe in der Mitte gewalzt. Unter diese Decken legt man Rohschienen von phosphorhaltigem Grobkorneisen, unten hin dagegen bringt man zur Bildung des Fußes der Eisenbahnschienen einen Flachstab von sehnigem Eisen. Das Grobkorneisen dient zur Verbindung des Stahlkopfes mit der aus sehnigem Eisen bestehenden Basis. Derartig zusammengesetzte Pakete ertragen Schweißwärme vollkommen, und die Walzarbeit hat die größte Aehnlichkeit mit dem Auswalzen gewöhnlicher Eisenbahnschienen. Man erhält auf diese Weise eine gemischte Schiene, deren Dauerhaftigkeit bei gutem Fabrikationsverfahren sehr groß ist. Denn die betreffenden Werke bürgen für eine zehnjährige Dauer ihres Fabrikates. Die Zwickauer Hütte allein lieferte seit 7 bis 8 Jahren 132,500 Tonnen, und neue Erweiterungen der dortigen Anlagen sprechen für die günstigen Aussichten dieses ganz speciellen Fabrikationszweiges.

Entphosphorn der Eisenerze. Da immerhin die Verwendbarkeit phosphorhaltigen Eisens und Stahls eine beschränkte ist, sehr zahlreiche und wichtige Eisenerzlager aber, wie die von Cleveland, Luxemburg, Lothringen, Bayern, Hannover, Böhmen, einen so hohen Phosphorsäuregehalt besitzen, daß sie ein 1½, 2 und mehr Procent Phosphor enthaltendes Roheisen liefern, und da die gewöhnliche Puddelarbeit diesen Phosphorgehalt des Eisens nur auf 0,7 und 0,8 Proc. herabzudrücken vermag, was selbst für die besprochene Verwendung zu Stahlschienen zu hoch ist: so hat man sich vielfach bemüht, eine im Großen ausführbare Methode zu finden, welche gestattet, die Eisenerze vor ihrer Verschmelzung von ihrem Phosphorsäuregehalt zu befreien, und zugleich die aus den Eisenerzen ausgezogene Phosphorsäure zur Bereitung künstlicher

Düngemittel zu verwenden und so für die Landwirthschaft nutzbar zu machen. Solche Methoden, unter anderen die von dem Hüttendirector Julius Jacobi in Kladno (Böhmen) in Anwendung gebrachte, auf einer Behandlung der Erze mit schwefliger Säure beruhende, sind auch hier bereits erwähnt worden (Bd. VII, S. 319 u. 320). In neuester Zeit ist indessen das Jacobi'sche Verfahren von dem französischen Ingenieur Gautier*), der es kürzlich in Kladno beobachtet hat, näher beschrieben worden und zwar wie folgt:

Das in Stücke von 100 bis 200 Gramm zerschlagene Erz wird in vertikalen Oefen geröstet, die nichts Besonderes aufweisen. Das geröstete Erz, welches noch 1 1/2 Proc. Phosphor enthält, gelangt in große, rectanguläre Bassins, deren Seiten aus Brettern bestehen, und die 10,000 Centner aufnehmen. In Oefen mit horizontaler Sohle, analog denen zur Schwefelsäurefabrikation dienenden, wird Schwefelkies geröstet, die entweichende schweflige Säure läßt man in besonderen Apparaten durch Wasser absorbiren und führt die Lösung in die Auslaugebassins, wo sie 24 Stunden mit dem Erz in Berührung bleibt. Hierauf entleert man und führt die Flüssigkeit durch ein gewundenes Eisenrohr, ähnlich den Winderhitzungsröhren, wo sie auf 80 bis 90° C. erwärmt wird. Der Ueberschuß an schwefliger Säure entweicht hierbei und man erhält so circa 30 Proc. der ursprünglich erzeugten Menge derselben wieder. Hiernach wird die Flüssigkeit in ein Bassin geleitet, wo sie unreines Thonerdephosphat in Form eines weißen, unfühlbaren Pulvers absetzt, das durchschnittlich folgende Zusammensetzung hat:

Phosphorsäure	22,5	Proc.
Thonerde	24,3	"
Eisenoxyd	2,0	"
Kieselsäure	5,1	"
Schwefelsäure	9,2	"
Wasser	36,7	"
	99,8	Proc.

Nach Angabe der Hüttenbeamten zu Kladno ist die Durch-

*) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 26.

schnittszusammensetzung des Röstgutes vor und nach dem Entphosphorn folgende:

	vor		nach	
Eisen	43	Proc.	46	Proc.
Thonerde	14—18	„	6—8	„
Kieselsäure	14—16	„	20—22	„
Kalk	4	„	1	„
Phosphor	1 1/2	„	1/4	„

Gautier, welcher selbst Proben nahm fand in denselben an Phosphor in Procenten:

	im Erz	im daraus gewonnenen Roheisen	im daraus gewonnenen Puddeleisen
wenn das Erz roh verwendet	1,1—1,2	1,7—2,1	0,8—0,9
nach Behandlung des Erzes mit Wasser	0,5—0,6	1,0—1,1	—
nach Behandlung des Erzes mit schwefliger Säure .	0,2—0,3	0,5—0,6	0,1—0,2

Da das zu Kladno verhüttete Erz den Phosphor im Wesentlichen in Form von Kalk- und Thonerdephosphat enthält, welche in reinem Wasser nicht löslich sind, so bedarf der Effect, welchen obigen Zahlen zu Folge die blose Behandlung der Erze mit Wasser hervorbringt, einer Erklärung. Es bilden sich nämlich beim Rösten der Erze Schwefelsäure und Sulfate, deren Lösungen in Wasser auf die im Erze enthaltenen Phosphate lösend wirkt. Die Auslaugekosten sollen pro 1000 Kilo Erz 10,20 Franc betragen.

Gautier bezweifelt indessen, daß die Jacobi'sche und ähnliche, den nassen Weg einschlagende Methoden zur Entphosphorung der Erze (abgesehen von einzelnen Ausnahmen in speciellen Fällen) zu einer wirklichen industriellen Entwickelung gelangen werden, da es bedeutende Schwierigkeiten verursacht, enorme Massen von Erzen, wie sie der Großbetrieb erfordert, auf nassem Wege zu behandeln und in zeitraubender Weise wieder zu trocknen.

Hiernach wird man auch fernerhin genöthigt sein, aus phosphorhaltigen Erzen zunächst ein phosphorhaltiges Roheisen zu gewinnen, und wird es eine wichtige Aufgabe bleiben, das

resultirende phosphorhaltige Roheisen mehr oder minder vollkommen zu entphosphorn.

Entphosphorn des Roheisens. Das von Aristide Bérard angewendete Verfahren Roheisen von Phosphor, Schwefel und anderen Verunreinigungen zu befreien ist schon früher (Bd. II, S. 237 u. Bd. VIII, S. 284) besprochen worden. Neuerdings giebt A. Gurlt*) eine Zusammenstellung der Mittel, die man in Anwendung gebracht hat, um aus Roheisen unter Abscheidung des Phosphors wie auch des Schwefels ein gutes Puddeleisen zu erhalten.

Dieselben sind folgende:

R. Richter zu Frantschach gab dem geschmolzenen Roheisen einen Zuschlag von Bleiglätte und Gurlt auf Eisenwerken in Süd-Wales einen solchen von 1/4 bis 1/2 Proc. von metallischem Blei, durch welchen bei allen nicht zu dickflüssigen Roheisenarten eine bedeutende Verminderung des Rothbruches erreicht wurde; endlich versuchte Crawshay zu demselben Zwecke einen Zuschlag von Eisenvitriol und Bleioxyd. Zur Beseitigung des von Phosphor herrührenden Kaltbruches wurde ferner ein Zusatz von Flußspath oder Kryolith (Fluoraluminium) vorgeschlagen und Th. Scheerer empfahl zu gleichem Zwecke ein Gemenge von Chlorcalcium und Chlornatrium in gleichen Theilen, wovon 2 Pfund auf einen Satz von 4 bis 5 Centner Roheisen auf Herrmannshütte bei Hörde genügten, den Phosphor zu entfernen. Aus phosphorhaltigem Roheisen von Ilsede wurde mit einem Zuschlage von 1,20 Proc. Flußspath oder Fluorcalcium auf der Hütte zu Thale am Harz ein sehniges Eisen gepuddelt, das frei von Kaltbruch war. J. Henderson schlug auch in gleicher Absicht Flußspath beim Puddeln zu, wollte aber den Phosphor vorzüglich schon beim Feinen in den eisernen Gußformen eliminiren und soll auch auf der Rose-Clare-Hütte in Illinois und auf den Blochairn Ironworks in Schottland dabei ganz gute Resultate erzielt haben. Bei einer Probe die so mit Eisenoxyd und Flußspath behandelt wurde, enthielt nach den Analysen von E. Riley das Roheisen an Phosphor 1,14, das gefeinte Eisen 30 Minuten nach dem Abstiche 0,23, nach 40 Minuten 0,15, nach

*) Amtl. Ber. üb. d. Wiener Weltausst., Bd. 3, S. 809.

50 Minuten 0,12, das daraus gepuddelte Stabeisen 0,07 und die Puddelschlacke 0,52 Proc. Ohne Zweifel sind manche von diesen Zuschlägen sehr vortheilhaft, namentlich das Blei und die schmelzbaren Kalkverbindungen, doch kommt es dabei immer auf die besonderen Verhältnisse an, unter denen sie wirksam werden können, namentlich sind erforderlich Dünnflüssigkeit des zu behandelnden Eisens und sehr sorgfältige mechanische Mengung.

Bessemerproceß. Als ein untrügliches Mittel, beim Bessemerproceß das Ende des angestrebten Entkohlungsgrades zu erkennen gilt neben den spectral-analytischen Beobachtungen die sogen. „Spießprobe", welche auch bei dem Martin-Verfahren üblich, beim Bessemerproceß aber praktischer und leichter ausführbar ist. Man verfährt dabei nach Greiner*) in nachstehender Weise. Die Birne wird auf einen Augenblick in horizontale Stellung gebracht, der Wind wird abgestellt und dann eine ziemlich lange Eisenstange in das Metallbad eingetaucht. Dabei setzt sich Schlacke und zugleich Metall an die Stange; die erstere enthält zahlreiche Metalltröpfchen. Die Färbung der Schlacke und die Beschaffenheit der Metallkügelchen sind charakteristisch. Die Schlacke, im Innern stets gelblich gefärbt und klar, zeigt äußerlich eine

schwarze Färbung, wenn der Stahl sehr weich ist,
braune „ „ „ „ weich ist,
orange „ „ „ „ halbhart ist,
dunkelgelbe „ „ „ „ hart ist.

Von den Metallkügelchen probirt man 2—3, indem man ein jedes für sich auf einen rein abgewischten Ambos mit glatter, gehärteter Bahn mit dem Hammer plattschlägt. Bei einiger Uebung und mit Beachtung der Größe der Kugeln ist man im Stande, die Härte des Metalles richtig zu beurtheilen, besonders wenn man die Vorsichtsmaßregel beobachtet, die Eisenstange mit der anhängenden Schlacke in Wasser zu tauchen. Man hat auch die Beobachtung gemacht, daß die Kügelchen von weichem Stahl sich unter dem Hammer vollständig zu Scheibchen mit ganzen Rändern plattschlagen lassen, während die Kügelchen von hartem Stahl an den Rändern rissig werden.

---

*) Dingl. pol. Journ., Bd. 217, S. 36.

Zwischen diesen beiden Extremen vermag man nach dem mehr oder minder starken Einreißen der Ränder den erhaltenen Stahl sehr gut zu beurtheilen und kann das Blasen weiter fortsetzen, wenn man den angestrebten Grad von Entkohlung noch nicht erreicht zu haben glaubt.

Siemens Erzproceß. — Die Hüttenberger Eisenwerks-Gesellschaft hat mit W. Siemens in London schon im Januar 1873 ein Uebereinkommen getroffen, um das (Bd. X, S. 273) beschriebene Verfahren zur Herstellung von gepuddelten Eisen und Stahlluppen direct aus Eisenerzen zur Ausführung zu bringen. Aus dem Bericht des Generaldirectors v. Frey*) an den österreichischen Ackerbauminister über den Erfolg des Siemens'schen Verfahrens beanspruchen nachstehende Mittheilungen allgemeines Interesse. Der Apparat, in welchem in Prevali gearbeitet wurde, ist ein nach dem Siemens'schen Regenerativsystem geheizter sogen. Rotativofen. Die Erze, welche in Anwendung kamen, waren theils Brauneisensteine vom Hüttenberger Erzberge, theils Magneteisensteine von dem der Gesellschaft eigenthümlich gehörigen Bergbaue am Sonntagberg nächst St. Veit. Die Gasgeneratoren wurden mit Braunkohlen von Liescha geheizt. Als Reductions- und beziehungsweise Kohlungsmittel wurden abwechslungsweise Holzkohlenpulver und zerkleinerte Steinkohlencoks verwendet, von welchen Materialien übrigens selbstverständlich nur ganz unbedeutende Mengen bei dem Processe Verwendung fanden.

Die Versuche wurden durch zwei Monate vorgenommen, führten aber, wenn sie auch von wissenschaftlichem Interesse waren, zu einem eigentlichen praktischen Resultate vorläufig nicht, und zwar deshalb nicht, weil 1) das durch die verschiedenen Chargen gewonnene Produkt ein ungleichartiges, zum Theile unbrauchbares war, im besten Falle aber eine mangelhafte Qualität zeigte; 2) weil der Proceß, insofern er überhaupt noch ein verwendbares Produkt brachte, nur mit ökonomisch unmöglichen Resultaten durchführbar war. Einzelne Chargen gaben direct aus den Erzen dargestellte Eisen-Luppen,

*) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1875, S. 120 u. Dingl. pol. Jour. 1875, Bd. 217, S. 69.

welche sich unter dem Dampfhammer schmieden ließen; diese so hergestellten Luppen ließen sich auch anstandslos auf sogen. Rohzaggel auswalzen, letztere nahmen im Schweißofen gut Hitze an und konnten selbst auf feinere Quadrat- und Flachdimensionen ausgewalzt werden. Das so dargestellte Eisen zeigte aber bei einiger Sehnigkeit einen vollständig faulweichen Bruch und hatte alle Fehler eines faulweichen Eisens, wäre also kaum oder doch nur zu sehr schlechten Preisen verwerthbar. Die Schlacke war eben nicht rein ausgeschieden und einzelne Eisenpartien waren oxydirt; damit sind aber auch die Mängel des von Siemens vorgeschlagenen Processes vollkommen charakterisirt.

Der Reductionsproceß kann nur ein unvollständiger sein. Siemens will die Reduction unter den schwierigsten Verhältnissen, nämlich in einem Apparate durchführen, welcher, wenigstens zeitweise, durch eine oxydirende Flamme geheizt wird. Die im Rotator zur Verbrennung gelangenden Gase werden immer umsomehr oxydirende Eigenschaft haben, je höher die Temperatur ist, deren man bedarf. So lange aber eine oxydirende Flamme im Spiele ist, so lange wird es unvermeidlich sein, daß selbst, wenn der Reductionsproceß noch so vollständig erfolgt wäre, einzelne Partien des reducirten, eventuell auch schon von der Schlacke getrennten Eisens sofort wieder oxydirt werden. Zur Abtrennung der Schlacke ist die höchste Temperatur erforderlich; sollte diese aber bei reducirender oder auch nur bei neutraler Eigenschaft der Flamme erzielt werden, so erweisen sich zum Mindesten die angewendeten Apparate als unzureichend. Im Allgemeinen waren die Versuchsresultate entsprechender bei der Verwendung der reichen Magneteisensteine, als bei jener der besten Hüttenberger Braunerze. Es ist aber auch von vorneherein klar, daß je weniger erdige Bestandtheile abzuscheiden sind, um so wahrscheinlicher das Gelingen des Processes sein wird.

Die Versuche wurden eingestellt, nicht um dieselben nicht wieder aufzunehmen, sondern um vor Allem durch eine Reihe von Experimenten im chemischen Laboratorium und mit den Feuerungsapparaten dahin zu gelangen, daß die Flamme selbst bei der Erzielung der höchsten Temperaturen einen reducirenden oder doch neutralen Charakter bewahre.

Jedenfalls werden, wenn überhaupt das von Siemens vorgeschlagene Verfahren zu einem praktischen Ziele führen soll, sehr wesentliche Verbesserungen nothwendig sein.

Ueber das Härten des Stahles veröffentlicht A. Jarolimek*) Fabrikdirector in Hainburg a. d. Donau eine längere Abhandlung in der er nachweist, daß der Härteproceß, der doch in der Stahlindustrie eine nicht unbedeutende Rolle spielt, noch sehr unvollkommen studirt und erkannt wurde, und daß es sich damit in vielen Dingen keineswegs so verhält, wie gewöhnlich angenommen wird. Wir heben daraus das Nachstehende hervor:

Vor Allem wird die Thatsache constatirt, daß unter Umständen nicht allein kochendes Wasser, sondern auch solches von 150° C. und mehr und ebenso siedendes Oel, heißflüssiges Blei, Zinn, ja selbst Zink, also eine Abkühlungsflüssigkeit von etwa 400° C. den Stahl zu härten vermag.

Die letztere Thatsache dürfte besonders auffallen, da man gewohnt ist anzunehmen, der Stahl müsse, um gehärtet zu werden, rasch auf eine viel niedrigere Temperatur abgekühlt werden, und da es zudem bekannt ist, daß gehärteter Stahl unter Einwirkung einer Temperatur von ca. 300° an seiner Härte schon bedeutend nachläßt. Es verlieren übrigens auch dünne Stahldrähte, die in heißflüssigem Zink bei kurzer Dauer des Eintauchens ganz hart werden, durch längeres Verweilen in demselben Bade ihre Härte wieder. Hieraus ist zur Genüge zu entnehmen, daß die Härte des Stahles hauptsächlich von der Geschwindigkeit abhängt, mit welcher derselbe aus der Temperatur von etwas über 500° C. in eine solche von etwas unter 500° C. übergeführt wird, oder so zusagen von der Schnelligkeit des Auslöschens seiner Gluth, wogegen das Anlassen dadurch bedingt wird, daß der Stahl einer innerhalb anderer Grenzen liegenden Temperatur ausgesetzt wird. Wenn dieses anerkannt ist, so kann die Tauglichkeit geschmolzener Metalle zum Stahlhärten nicht weiter überraschen. Obgleich nun aber jene Metalle wirklich Stahl härten, so erreicht doch, wie Jarolimek bei vielfachen Versuchen gefunden hat, ihr

*) Oesterreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1876 und Deutsche Industriezeitung 1876, S. 125 u. S. 136.

Härtevermögen bei weitem nicht das des Wassers. Der Grund davon liegt darin, daß auf das Härtevermögen durchaus nicht blos die Temperatur und die Wärmeleitungsfähigkeit der Abkühlungsflüssigkeit, sondern auch deren Wärmecapacität, die Höhe ihres Siedepunktes, und bei niedrigem Siedepunkte in größtem Maße auch der Betrag der latenten Wärme des entstehenden Dampfes von maßgebendem Einfluß sind.

Beweis hierfür ist u. A., daß Weingeist, der leicht in Dampf übergeht, aber einen geringern Betrag von latenter Wärme annimmt, schlecht härtet, und was speciell das Wasser anbelangt, so kann dieses nach Jarolimek den Stahl nur allein durch Dampfbildung härten, sodaß dessen Wärmeleitung nur von secundärer Bedeutung ist, wenn auch dieselbe beim Härteproceß immerhin eine Rolle spielt.

Bekanntlich herrscht in der nächsten Nähe eines auf 1000° C. oder selbst nur auf 500° C. erhitzten Metalles eine Temperatur, bei der Wasser von gewöhnlichem Druck unmöglich in flüssigem Zustande bestehen kann, vielmehr rasch in Dampf verwandelt werden muß. Daraus folgt, daß auch der zu härtende Stahl, solange er die obige hohe Temperatur besitzt, — und er behält dieselbe dem Gesagten zu Folge bis zum Eintritte seiner Härtung — eine unmittelbare Berührung mit dem Wasser nicht eingehen kann, sondern, wenn im Wasser untergetaucht, bis zu seiner weiteren Abkühlung von einer Dampfschichte eingehüllt bleiben muß.

Unter diesen Umständen kann aber der Stahl seine Wärme selbstverständlich nicht unmittelbar durch Wärmeleitung an das Wasser abgeben; da sich der inzwischen befindliche Dampf aber bei so geringer Pressung nicht wesentlich erhitzen kann, so erfolgt die Abgabe der Wärme an das Wasser hauptsächlich durch Strahlung, und die durch Dampf vom Stahle abgetrennte Wasserwand entwickelt dann beständig und zwar durch rasche Verdunstung, Dämpfe, die nach den oberen Wasserschichten abziehen und sich daselbst condensiren. — –

Diese Anschauungen sind nun nicht etwa blos von theoretischem, sondern auch von praktischem Interesse, indem sie unmittelbar zu wesentlich neuen und rationellen Verfahrungsweisen für das Härten des Stahles führen. Wenn nämlich das Härten des Stahles durch die in Folge der Dampfbildung

eintretende Wärmebindung begünstigt, dagegen durch die Umhüllung des Stahls mit einer isolirenden Dampfschicht beeinträchtigt wird, so wird man, um den Härteproceß zu fördern, für rasche Abführung des in der Umgebung des Stahls sich bildenden Wasserdampfes Sorge tragen müssen. Um den raschen Abzug der Dämpfe beim Härten des Stahls in Wasser zu bewirken, erweisen sich die folgenden Mittel als praktisch:

1. Langsames Eintauchen. Da hierbei stets nur die Oberfläche des Wassers zur Hauptwirkung gelangt, an welcher die Dämpfe sofort entweichen können, so muß bei richtiger Wahl der Eintauchgeschwindigkeit der Erfolg jenen der gewöhnlichen Unterwasserhärtung übertreffen. In Fällen, wo der außer Wasser nachrückende Stahlkörper nicht genügend lange heiß bleiben kann, ist diese Methode natürlich nicht anwendbar, zum Härten von Feilen und ähnlichen Gegenständen ist sie aber schon üblich.

2. Strahlhärtung. Dieses ebenfalls schon bekannte Verfahren wirkt sehr kräftig. Der Grund davon liegt aber weniger in dem sonst, z. B. von Karmarsch, betonten Umstand, daß dabei stets frische Wassermassen mit dem Stahle in Berührung treten, als in dem durch den kräftig vordringenden Wasserstrahl bewirkten raschen Mitgerissenwerden der Dämpfe. Als besten Beweis hierfür bezeichnet Jarolimek, daß er durch einen 150° heißen, einem Dampfkessel entströmenden Wasserstrahl bei einem mehrere Millimeter dicken Stahldrahte eine sehr große Härte erzielte.

3. Spritzhärtung. Dieses Verfahren besteht einfach in der Anwendung einer feinen Brause an Stelle der Strahldouche. Die Wirksamkeit der Regendouche ist aber eine ganz andere als die der Strahl- oder Gießdouche, und kaum dachte noch Jemand daran, ihre Wirkung durch Verwendung eines Minimums von Wasser auf das höchste Maß zu steigern. Diese Möglichkeit ist aber bei Anwendung der Regendouche allerdings vorhanden. Während nämlich bei der Strahldouche der Dampf wie gesagt, von den heftig andringenden Wassermassen mitgerissen werden muß, und daher in der That viel Wasser erfordert wird, bleibt bei der Regendouche zum Entweichen des Dampfes der ganze Raum zwischen den einzelnen Wasserfäden offen, dessen Querschnitt leicht hundert und mehr-

mal größer als der aus überaus feinen Wasserfäden zusammengesetzte Querschnitt des zuströmenden Wassers gewählt werden kann. Und da dieser Dampfabflußraum eben um so größer wird, einen je geringern Raum das zuströmende Wasser beansprucht, so folgt daraus, daß zur Erzielung des leichtesten Abflusses der Dämpfe resp. zur stärkern Härtung des Stahles, die geringste zulässige Menge Wasser anzuwenden ist.

Hierbei sind jedoch zwei sehr wesentliche Umstände zu beachten. Erstens ist zur Abkühlung, resp. Härtung in der in Rede stehenden Weise heißes Wasser anstatt kalten Bedingung, da kaltes Wasser eine verhältnißmäßig längere Zeit braucht, um sich bis zum Sieden zu erhitzen, daher es sich in der Nähe der heißen Fläche staut und so die beabsichtigte Wirkung abschwächt. Zweitens muß der den Ausfluß des Wassers bewirkende Druck möglichst hoch gehalten werden, damit die entstehenden, zwar schnell expandirenden, doch aber etwas gepreßten Dämpfe von den Wasserstrahlen leicht überwunden werden. Da hierbei das ganze den heißen Stahl treffende Wasser verdampfen soll, so müssen die Wasserstrahlen äußerst dünn sein, was aber deren Geschwindigkeit — der Reibung in den Ausströmungsöffnungen wegen — wieder herabzieht, somit in dieser Hinsicht eine practische Schwierigkeit herbeiführt.

Deshalb empfiehlt sich schließlich mehr:

4. Das Härten mit Wasserstaub, wozu die meisten der gebräuchlichen Zerstäubungsgebläse anwendbar sind. Da diese Apparate ein Gemenge von Luft und auf das feinste vertheilte Wasserstäubchen (nach Umständen nebst Dampf) liefern, so wird damit nicht allein eine rasche Verdampfung, sondern auch ein rasches Hinwegreißen der entstehenden Dämpfe bewirkt und dadurch die Möglichkeit einer außerordentlichen, und was das Wichtigste ist, auch einer gleichmäßigen Härte des Stahles gegeben.

Glashärte wird nun wohl in der Praxis selten beabsichtigt, vielmehr hat man gewöhnlich einen bestimmten Härtegrad im Auge, der bisher in der Regel durch das dem Härten nachfolgende Anlassen erzielt wird. Und da ein Verfahren, mittelst dessen unmittelbar eine bestimmte ermäßigte Härte, ohne späteres Anlassen, erzielt werden kann, nicht nur zur Vermeidung von Härterissen, sondern auch deshalb von Wichtig-

keit ist, weil der von außen nach innen gehärtete Stahl stets äußerlich die größte Härte besitzt, wogegen bei dem angelassenen Stahle das umgekehrte Verhältniß statthat, so unterzieht Jarolimek die zur unmittelbaren Erzielung einer gedämpften Härte geeigneten Mittel einer besondern Besprechung.

Caron hat, um das Anlassen zu umgehen, das Eintauchen des Stahles in warmes Wasser empfohlen. Da die zu erzielende Härte jedoch keineswegs blos von der Temperatur des Wassers, sondern zugleich von der Form und Masse des Stahls, so wie von der Geschwindigkeit, mit der dieser unter dem Wasser bewegt wird, abhängt, so kann diese Methode durchaus nicht als zuverlässig bezeichnet werden. Dies leuchtet umsomehr ein, wenn man bedenkt, daß zwei Phasen des Processes wohl zu unterscheiden sind, nämlich: Die Abkühlung bis auf ca. 400° und jene von da bis etwa 200°. Da nun die eigentliche Härtung schon während der ersten Periode eintritt, so hat in der letzteren mehr oder weniger eben nur ein Anlassen des Stahles statt, sodaß sich bei jedem regelmäßigen Härteproceß Härten und Anlassen von selbst aneinander reihen. Selbstverständlich bleibt bei sehr raschem Verlauf des ganzen Processes die Wirkung dieses Anlassens in der zweiten Phase eine sehr geringe. Eine ermäßigte Härte kann aber auf zweierlei Art erzielt werden. Erstens nämlich, indem der Stahl überhaupt langsam gekühlt wird, in welchem Falle er schon im ersten Stadium des Processes, beim Sinken seiner Temperatur auf 400°, eine abgeschwächte Härte annimmt, oder zweitens indem man denselben anfangs (bis auf 400°) rasch, von da ab aber langsam kühlt. Nur diese so zu sagen „gebrochene“ Härtung kann thatsächlich als ein mit dem Härten direct verbundenes Anlassen betrachtet werden und muß nach Jarolimek nothwendig ein befriedigenderes Resultat erreichen lassen als das erste Verfahren, welches, wie das Caron'sche, von Haus aus eine „geschwächte“ Härte erzeugt, da es außerordentlich schwierig sein würde, die erste Phase der Härtung, nämlich die Abkühlung des Stahles auf 400° bezüglich der Geschwindigkeit ihres Verlaufes gehörig zu reguliren.

Zur Durchführung der gebrochenen Härtung nun, die in verschiedener Weise ausgeführt werden kann, bezeichnet Jarolimek die Anwendung des Zerstäubungsgebläses als besonders

vortheilhaft, da mit Hülfe desselben die Geschwindigkeit der Abkühlung des Stahls sehr genau geregelt werden kann, und zwar nicht allein durch Modification des Verhältnisses in der Zufuhr an Luft und Wasser, sondern auch durch das Maaß der Entfernung vom Blasrohr, in welchem das glühende Stahlstück in den ausströmenden Wasserstaub eingeführt wird.

In ersterer Hinsicht ist zu bemerken, daß ein Minus der Zufuhr an Wasser erst dann abschwächend auf die Härte des Stahles einwirken kann, wenn das zuströmende Wasserquantum schon unter jenes Maaß herabsinkt, das eben die größere Härtung bewirkt und identisch ist mit dem Maximalwasserquantum, das der heiße Stahl ohne Rücklaß von flüssigem Wasser noch in Dampf zu verwandeln vermag, denn von diesem Punkte an schwächt nicht nur ein Minus, sondern auch ein Plus an Wasser die Härte ab, letzteres aber keineswegs mit der gewünschten Regelmäßigkeit, indem es analog wie bei der Härtung unter Wasser störende Wirkungen durch Zurückstoßung des Dampfes hervorruft.

Streng genommen verlangt dieses Verfahren auch zur Erzielung des höchsten Härteeffectes nicht einen gleichbleibenden, sondern einen während des Härtens an Stärke abnehmenden Wasserzufluß, da der Stahl anfangs, wenn seine Oberfläche noch den höchsten Hitzegrad besitzt, mehr Wasser verdampfen kann, als im spätern Verlaufe des Processes. Diese Correctur ist, wenn gerade erwünscht, mit dem Zerstäubungsapparate leicht zu bewirken. Die Versuche, wenn auch bisher nur im Kleinen vorgenommen, bestätigten im Wesentlichen doch die principielle Richtigkeit dieser Ausführungen. Jarolimek benutzte mit Dampf arbeitende Zerstäuber (wie die von Siegle) sowie solche mit Gebläse (nach Schrötter), wobei sich zeigte, daß selbst mit ganz schwachem Drucke arbeitende Apparate, die nicht mehr als ca. 0,15 Gr. Wasser pro Sekunde liefern, in der Nähe der Ausflußmündung noch Stahlkörper von etwa 0,05 Gr. ganz gut härten, was mit Rücksicht auf die überaus kurze Zeit, welche die Härtung so kleiner Massen beansprucht, genügend beweist, daß in der That das vorausgesetzte Minimum von Wasser die Härte bewirken kann.

Um practische Verwendung zu finden, müßten allerdings Zerstäuber von größeren Dimensionen, und am besten solche

mit vielen combinirten, nach Art einer Brause sphärisch begrenzten oder sonst passend angeordneten Ausflußmündungen hergestellt und eine angemessen starke Windpressung angewendet werden. Der hierdurch erzeugte energische und nach und nach sich ausbreitende Strahl von Wasserstaub gäbe sicherlich ein ebenso bequemes als vorzügliches Mittel, wenn es sich um eine möglichst starke oder auch eine Härte von jedem beliebigen Grade handelt.

Nicht nur gestattet dieses Verfahren, den Stahl schon während des Vorhärtens, resp. des Löschens seiner Gluth mitten in dem Wasserstaub zu beobachten (wobei dem Stahl natürlich nach Umständen eine rasche Drehung gegeben werden müßte, um alle Flächen desselben gleichmäßig zu kühlen), sondern es ermöglicht auch dadurch, daß man den Stahl nach geschehener Vorhärtung in den mehr ausgebreiteten Theil der ausströmenden feuchten Wolke zurückzieht, eine sehr sichere Regulirung der gebrochenen Härte. Uebrigens ist die gebrochene Härtung auch mit der Strahlhärtung zu verbinden und bei kleineren Gegenständen schon dadurch zu bewirken, daß man die Stahlstücke, wenn angemessen erhitzt, nur für einen Moment (bis die Gluth erlischt) in Wasser taucht und sodann an der Luft langsam abkühlen läßt.

Der Kupfer-Stahl-Draht*) (Compound Telegraph Wire) ist zwar eine verhältnißmäßig neue Erfindung; dennoch hat derselbe bereits eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, in Brasilien, Laplata, Centralamerika, Rußland, Japan, China und bei verschiedenen europäischen Telegraphenverwaltungen, namentlich auch für den Militärtelegraphendienst. In allen Fällen ist man mit diesem Drahte ganz zufrieden gewesen, wegen der vielen Vorzüge, welche er vor dem sonst ausschließlich verwendeten galvanisirten Eisendrahte besitzt. Dadurch fanden sich die Gebrüder Siemens in London veranlaßt, eine Uebereinkunft mit den Erfindern dahin zu treffen, daß sie den Kupfer-Stahl-Draht in ihrer Fabrik in Woolwich anfertigen.

Der Kupfer-Stahl-Draht enthält als Seele einen verzinnten Stahldraht von der vorzüglichsten Güte; um diese

*) Dingl. pol. Journal 1875, Bd. 218, S. 384.

Seele liegt ein auf beiden Seiten verzinnter dünner Kupferstreifen. Der Kupferstreifen wird für jede Stahldrahtdicke so gewählt, daß seine Breite dem Umfange des Stahldrahtquerschnittes eben gleicht. Der Stahldraht geht mit dem Streifen zugleich durch ein Zieheisen hindurch; bei der Zuführung zu diesem Zieheisen jedoch läuft der bereits beiderseits verzinnte Kupferstreifen durch eine Ziehöffnung, welche ihn, als Vorbereitung für das darauf folgende Ziehen, fortlaufend querüber soweit halbrund (◡) biegt, daß er dann beim Ziehen sich leicht um den Stahldraht herumlegen kann. Bei diesem Ziehen selbst werden die beiden Längsränder des im Querschnitte bereits halbrunden Streifens vollends aneinander gelegt; die so entstehende Nath läuft jedoch, weil der Draht während des Ziehens ein wenig gedreht wird, nicht parallel zur Achse des Drahtes, sondern sie läuft in steilen Spiralen (unter kleinem Winkel gegen die Achse des Drahtes) um den Draht herum. Durch die beim Durchgange durch das Zieheisen entwickelte Wärme wird das Zinn flüssig und dadurch wird der Stahldraht und der Kupferstreifen zu einem Ganzen fest zusammen gelöthet, welches sich durch geringes Gewicht, große Festigkeit und hohes Leitungsvermögen für die Electricität auszeichnet.

Das Gewicht des gewöhnlichen Eisendrahtes ist bei gleichem Leitungsvermögen 3 mal so groß wie das des Kupfer-Stahl-Drahtes. Das geringe Gewicht des letzteren gegenüber dem des gewöhnlichen Eisendrahtes von gleichem Leitungsvermögen bietet aber für den Bau von Telegraphenlinien einen höchst wichtigen Vortheil, besonders in Gegenden wo der Transport der Materialien kostspielig ist; denn dadurch werden etwa 67 Proc. von den Transportkosten erspart. Außerdem ist der Bau der Linien bei Anwendung von Kupfer-Stahl-Draht billiger, weil das geringe Gewicht eine Ersparniß an Zeit und Arbeit im Gefolge hat; auf die englische Meile kommen bei dem Kupfer-Stahl-Draht nur 2 bis 3 Verbindungsstellen. Zugleich können die Säulen bei dem geringen Gewichte dieses Drahtes eine größere Anzahl Drähte tragen, wie bei Benutzung von Eisendrähten, ferner kann man für den Kupfer-Stahl-Draht auch leichtere und billigere Isolatoren anwenden. Auch rostet dieser Draht nicht so leicht wie Eisendraht und ist deshalb weniger dem Zerreißen ausgesetzt; endlich sichert er auch, gegen-

über dem gewöhnlichen Drahte bei der Unterhaltung der Linien eine größere Ersparniß an Kosten und veranlaßt nebenbei weniger Unterbrechungen und Störungen.

Aus allen diesen Gründen wird der größere Aufwand für das Material beim Neubau mit Kupfer-Stahl-Draht sehr bald wieder eingebracht und auf die Dauer erweist sich der Kupfer-Stahl-Draht doch als das billigere Material.

Kupfer.

Phosphorbronze. Die bereits Bd. VII, S. 357 u. Bd. X, S. 264 erwähnte Phosphorbronze hat fort und fort die Aufmerksamkeit sowohl der industriellen als auch der wissenschaftlichen Kreise rege erhalten. Es sei daran erinnert, daß diese an Farbe dem roth karatirten Golde ähnliche Legirung durch eine außerordentliche Elasticität und absolute Festigkeit ausgezeichnet ist. Ihre Elasticität soll nach Montefiore-Levy in Brüssel die der gewöhnlichen Bronze um 80 Proc., ihre absolute Festigkeit die der gewöhnlichen Bronze um 170 Proc. übertreffen. Dabei ist die Härte der Phosphorbronze so bedeutend, daß zu ihrer Bearbeitung nur Werkzeuge aus besonders hartem Stahle dienen können. Weiter ist die geschmolzene Legirung sehr dünnflüssig, kann daher, wenngleich der Schmelzpunkt der Legirung von dem der gewöhnlichen Bronze nur wenig abweicht, bei niedriger Temperatur gegossen werden und dringt gut in alle Details der Formen ein. Bei geeigneter Zusammensetzung und Behandlung läßt sich die Phosphorbronze gut walzen und stanzen. Durch ein Variiren des Phosphorgehalts vermag man ihre Eigenschaften dem vorliegendem Zwecke der Verwendung entsprechend zu modificiren. Endlich besitzt die Phosphorbronze eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen die oxydirenden Einflüsse der Luft, des Wassers, verschiedener Salzlösungen, insbesondere des Seewassers. Eine sechs Monate hindurch der Einwirkung des Seewassers ausgesetzte Platte erlitt im Mittel der Versuche einen Gewichtsverlust von 1,158 Proc. während der Gewichtsverlust einer aus bestem englischen Kupfer gefertigten gleich großen Platte in gleicher Zeit 3,085 Proc. betrug. Hiernach erwies sich die Phosphorbronze als ein sehr geeignetes Material zur Herstellung von Röhren, Läufen für Kanonen und Feuerwaffen aller

Art, von Walzen für Zeugdruck, Achsenlagern, Kammrädern, Schiffsbeschlägen ꝛc. Der Verdienste, welche sich G. Montefiore-Levy in Brüssel und Ch. Künzel (Fabrik in Val-Benoit bei Lüttich) um die Verbreitung dieses schätzenswerthen Materials erworben haben, ist schon früher gedacht worden; überdies wird in den Werken der Stephenson tube Company in Birmingham schon seit dem Jahre 1865 Phosphorbronze im Großen erzeugt und in Deutschland findet namentlich die aus der Fabrik von Georg Höper u. Comp. in Iserlohn hervorgegangene zu den genannten Zwecken ausgedehnte Verwendung.

Mögen zunächst einige in neuerer Zeit*) zur Veröffentlichung gelangte Analysen der Phosphorbronze hier Platz finden.

	1.	2.	3.	4.	5.
Kupfer	90,86	94,71	90,34	93,68	94,11
Zinn	8,56	4,38	8,99	5,83	5,11
Phosphor	0,19	0,35	0,76	0,17	0,21
Zink	—	—	—	0,34	0,28

Nr. 1 Bronze für Hochofenformen analysirt v. Stöckmann.
Nr. 2 „ „ Lager analysirt von Stöckmann.
Nr. 3 „ analysirt von Bender.

Nr. 4 und 5 Bronze aus der Fabrik von Höper und Comp. in Iserlohn, analysirt in dem Laboratorium des Prof. Stölzel in München, und von Bauschinger auf ihre Festigkeit geprüft.

Stölzel und Bauschinger fanden die von ihnen untersuchten Proben auf der Bruchfläche homogen, und erwies sich daher die Festigkeit derselben auch nicht wesentlich größer als die gewöhnlicher guter Bronze, dagegen dürfte es außer Zweifel sein, daß eine geringe Menge von Phosphorkupfer bei vollkommener Vertheilung derselben in der Bronze die letztere homogener, daher fester, zäher und elastischer macht, und wenn auch die Rolle, welche die kleine Menge Phosphor dabei spielt, noch nicht vollkommen aufgeklärt ist, so erscheint es doch unzweifelhaft, daß der Phosphor auf die beim Schmelzen der Bronze sich bildenden Oxyde des Kupfers und Zinns reducirend wirkt und so die auf die Homogenität der Legirung nachtheilig einwirkenden Oxyde beseitigt. Da man das Blasig-

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 218, S. 372.

werden des Kupfers beim Gießen einer Entwicklung von Kohlenoxydgas und schwefliger Säure, herrührend von der Einwirkung des gebildeten Kupferoxyduls auf vorhandenes Schwefelkupfer und Kohlenstoffkupfer, zuschreibt, so erklärt es sich zugleich, daß die von Kupferoxydul freie Phosphorbronze einen völlig blasenfreien Guß liefert.

Nach Mittheilungen aus dem chemisch-technologischen Laboratorium der technischen Hochschule in Graz von Prof. H. Schwarz*) stellen sich mehrere deutsche Bronzegußfabriken das zur Bereitung der Phosphorbronze nöthige Phosphorkupfer dadurch her, daß sie dem in Tiegeln befindlichen, geschmolzenen Kupfer Phosphor in Stangenform zusetzen. Damit sich der Phosphor dabei nicht zu leicht entzünde, überziehen sie die Phosphorstangen durch Einlegen in eine Kupfervitriollösung mit einer festhaftenden Kupferschicht, welche vor momentaner Entzündung schützt. Immerhin wird eine ziemliche Quantität Phosphor unnütz an der Oberfläche verbrennen. Man könnte dies dadurch vermeiden, daß man die wohl abgetrockneten überkupferten Phosphorstangen oder auch den gepulverten rothen Phosphor in ein an einer Seite geschlossenes Thonrohr einfüllte und dieses mit dem offenen Ende in das geschmolzene Kupfer eintauchte. Drückt man es dabei mittels einer Zange bis auf den Boden des Tiegels herab, so können die Phosphordämpfe erst entweichen, nachdem sie eine höhere Schicht des geschmolzenen Kupfers passirt haben.

Sehr einfach dagegen erhält man nach Schwarz phosphorhaltiges Kupfer, indem man einen Schmelztiegel mit einem Gemisch von Knochenasche, Kieselsäure und Kohle, etwa 3 Aequivalent Kieselsäure, 1 Aeq. dreibasisch-kohlensauren Kalk und 5 Aeq. Kohlenstoff, ausfüttert, das granulirte Kupfer hineinbringt, mit einer Schicht des Gemisches bedeckt und mit einem aufgekitteten Deckel verschließt. Man kann auch des leichteren Schmelzens halber etwas Soda und Glas zufügen, oder auch direct Milchglaspulver, das bekanntlich durch Zusatz weißgebrannter Knochen erhalten wird, mit Holzkohle oder Cokspulver innig gemischt, zum Ausfüttern und Bedecken anwenden. Bei scharfer Schmelzhitze wirkt die Kieselsäure auf das Phosphat,

*) Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 218, S. 58.

die Basis entziehend, ein; die Phosphorsäure wird zu Phosphor reducirt, der in dem Maaße, als er sich bildet, von dem Kupfer aufgenommen wird. Es wurden z. B. 14 Th. Kieselsäure, 18 Th. Knochenasche und 4 Th. Kohlenpulver, dazu noch 4 Th. Soda und 4 Th. Glaspulver, mit etwas Gummiwasser angemacht, zum Auskleiden des Tiegels benutzt, dieser getrocknet, das Kupfer eingesetzt, mit der Masse bedeckt und bei guter Rothgluth eingeschmolzen. Die Auskleidemasse war nur schwach gesintert. Das Kupferkorn erschien grauroth, gut geflossen und vollkommen blasenfrei. Zur Analyse wurde die Probe in Salpetersäure gelöst, das Kupfer durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen und aus dem Filtrat durch Ammoniak und Magnesialösung die Phosphorsäure gefällt. Man erhielt so bei zwei Versuchen 0,50 und 0,51 Proc. Phosphor. Bei einem zweiten Schmelzversuch, bei welchem länger erhitzt wurde, wurde ein Kupfer mit 3,25 Proc. Phosphor erhalten, welches also noch mit 6mal mehr reinem Kupfer zusammengeschmolzen werden könnte, um Phosphorbronze zu liefern. —

Ein anderes Verfahren der Gewinnung von Phosphorkupfer, welches sich Player in Birmingham patentiren ließ, und welches zugleich eine Verwerthung der bei der Phosphorfabrikation entweichenden, gasförmigen Phosphorverbindungen zu erstreben sucht, ist oben (Seite 277) bereits erwähnt worden. Auch durch Fällen einer Kupfervitriollösung mit Natriumphosphat und Glühen des niedergeschlagenen Kupferphosphats mit Kohle erhält man Phosphorkupfer. —

Die in neuester Zeit in England, Italien, Oesterreich vorgenommenen Prüfungen der Phosphorbronze auf ihre Festigkeit, sowie die Schießversuche, welche unter Verwendung von Geschützen aus Stahlbronze namentlich in Preußen, Belgien und Frankreich von den betreffenden Artilleriedirectionen ausgeführt wurden, sind von dem Ingenieur Alphons Polain*) eingehend besprochen worden. Nach Polain's Mittheilungen besteht ein bedeutender Vorzug, den die Phosphorbronzegeschütze gegenüber anderen besitzen, darin, daß sie bei geeigneter Zusammensetzung des Materials nicht wie die Stahlgeschütze die

*) Aus der Revue universelle 1874, t. 35, p. 595 auszugsweise mitgetheilt durch Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 217, S. 482.

Grenze der Widerstandsfähigkeit nur durch das Zerspringen zu erkennen geben, daß sie vielmehr, wenn sie mehr als in der normalen Weise zu Kraftäußerungen in Anspruch genommen werden, zunächst aufgetrieben werden und somit, bevor sie zerspringen, vorläufige Anzeichen von Mangel an Festigkeit erkennen lassen. Zu Folge eines von den Directoren der Geschützgießerei zu Spandau erstatteten Berichtes über die in Preußen ausgeführten Versuche, zeichnen sich die Phosphorbronzegeschütze ferner aus: Durch geringeres Verbleien, größere Härte und Elasticität, Beständigkeit aller Maaße bei gewöhnlichen Dimensionen und Ladungen, größere Widerstandsfähigkeit gegen die nachtheiligen Wirkungen der Verbrennungsproducte des Pulvers. In Folge dieser Ergebnisse erhielt die königl. Artillerie-Prüfungs-Commission vom Kriegsministerium den Befehl, die Versuche mit den Phosphorbronzegeschützen weiter fortzuführen.

Eine Verwendung der Phosphorbronze, welche nach Polain sicherlich eine sehr bedeutende Entwicklung gewinnen wird, ist die zur Anfertigung von Patronenhülsen. Bei Versuchen welche schon im Jahre 1871 in der Probiranstalt für Feuergewehre (Banc d'épreuves des armes à feu) in Lüttich ausgeführt wurden, hielten die meisten aus Phosphorbronze hergestellten Patronen 40 bis 50 Schüsse aus, ohne daß sie eine merkliche Verschlechterung zeigten; eine kleine Anzahl derselben war aufgetrieben, keine geplatzt. Ueberdies sollen sich die aus Phosphorbronze fabricirten Patronen in geladenem Zustande wesentlich länger aufbewahren lassen als die Kupferpatronen, in welchen das Knallpräparat bei längerem Liegen namentlich unter dem Einflusse der geringsten Feuchtigkeit verdirbt, indem es in Folge eines noch nicht genügend aufgeklärten, chemischen Processes die kupferne Metallhülse mit der Zeit stark angreift, während Phosphorbronze nur sehr oberflächlich attaquirt wird.

Weiter soll sich die Phosphorbronze ganz vorzüglich zur Herstellung von Windformen für Hochöfen eignen, da sie weniger oxydirt als gewöhnliche Bronze, und die etwa sich festsetzenden Inkrustationen auf der Phosphorbronze weniger haften und daher leichter zu beseitigen sind.

Auch zur Anfertigung von Getrieben und Lagern für Walzwerke, von Zahnrädern, Transmissionswellen, hydraulischen

die Basis entziehend, ein; die Phosphorsäure wird zu Phosphor reducirt, der in dem Maaße, als er sich bildet, von dem Kupfer aufgenommen wird. Es wurden z. B. 14 Th. Kieselsäure, 18 Th. Knochenasche und 4 Th. Kohlenpulver, dazu noch 4 Th. Soda und 4 Th. Glaspulver, mit etwas Gummiwasser angemacht, zum Auskleiden des Tiegels benutzt, dieser getrocknet, das Kupfer eingesetzt, mit der Masse bedeckt und bei guter Rothgluth eingeschmolzen. Die Auskleidemasse war nur schwach gesintert. Das Kupferkorn erschien grauroth, gut geflossen und vollkommen blasenfrei. Zur Analyse wurde die Probe in Salpetersäure gelöst, das Kupfer durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen und aus dem Filtrat durch Ammoniak und Magnesialösung die Phosphorsäure gefällt. Man erhielt so bei zwei Versuchen 0,50 und 0,51 Proc. Phosphor. Bei einem zweiten Schmelzversuch, bei welchem länger erhitzt wurde, wurde ein Kupfer mit 3,25 Proc. Phosphor erhalten, welches also noch mit 6mal mehr reinem Kupfer zusammengeschmolzen werden könnte, um Phosphorbronze zu liefern. —

Ein anderes Verfahren der Gewinnung von Phosphorkupfer, welches sich Player in Birmingham patentiren ließ, und welches zugleich eine Verwerthung der bei der Phosphorfabrikation entweichenden, gasförmigen Phosphorverbindungen zu erstreben sucht, ist oben (Seite 277) bereits erwähnt worden. Auch durch Fällen einer Kupfervitriollösung mit Natriumphosphat und Glühen des niedergeschlagenen Kupferphosphats mit Kohle erhält man Phosphorkupfer. —

Die in neuester Zeit in England, Italien, Oesterreich vorgenommenen Prüfungen der Phosphorbronze auf ihre Festigkeit, sowie die Schießversuche, welche unter Verwendung von Geschützen aus Stahlbronze namentlich in Preußen, Belgien und Frankreich von den betreffenden Artilleriedirectionen ausgeführt wurden, sind von dem Ingenieur Alphons Polain*) eingehend besprochen worden. Nach Polain's Mittheilungen besteht ein bedeutender Vorzug, den die Phosphorbronzegeschütze gegenüber anderen besitzen, darin, daß sie bei geeigneter Zusammensetzung des Materials nicht wie die Stahlgeschütze die

---

*) Aus der Revue universelle 1874, t. 35, p. 595 auszugsweise mitgetheilt durch Dingl. pol. Journ. 1875, Bd. 217, S. 482.

Grenze der Widerstandsfähigkeit nur durch das Zerspringen zu erkennen geben, daß sie vielmehr, wenn sie mehr als in der normalen Weise zu Kraftäußerungen in Anspruch genommen werden, zunächst aufgetrieben werden und somit, bevor sie zerspringen, vorläufige Anzeichen von Mangel an Festigkeit erkennen lassen. Zu Folge eines von den Directoren der Geschützgießerei zu Spandau erstatteten Berichtes über die in Preußen ausgeführten Versuche, zeichnen sich die Phosphorbronzegeschütze ferner aus: Durch geringeres Verbleien, größere Härte und Elasticität, Beständigkeit aller Maaße bei gewöhnlichen Dimensionen und Ladungen, größere Widerstandsfähigkeit gegen die nachtheiligen Wirkungen der Verbrennungsproducte des Pulvers. In Folge dieser Ergebnisse erhielt die königl. Artillerie-Prüfungs-Commission vom Kriegsministerium den Befehl, die Versuche mit den Phosphorbronzegeschützen weiter fortzuführen.

Eine Verwendung der Phosphorbronze, welche nach Polain sicherlich eine sehr bedeutende Entwicklung gewinnen wird, ist die zur Anfertigung von Patronenhülsen. Bei Versuchen welche schon im Jahre 1871 in der Probiranstalt für Feuergewehre (Banc d'épreuves des armes à feu) in Lüttich ausgeführt wurden, hielten die meisten aus Phosphorbronze hergestellten Patronen 40 bis 50 Schüsse aus, ohne daß sie eine merkliche Verschlechterung zeigten; eine kleine Anzahl derselben war aufgetrieben, keine geplatzt. Ueberdies sollen sich die aus Phosphorbronze fabricirten Patronen in geladenem Zustande wesentlich länger aufbewahren lassen als die Kupferpatronen, in welchen das Knallpräparat bei längerem Liegen namentlich unter dem Einflusse der geringsten Feuchtigkeit verdirbt, indem es in Folge eines noch nicht genügend aufgeklärten, chemischen Processes die kupferne Metallhülse mit der Zeit stark angreift, während Phosphorbronze nur sehr oberflächlich attaquirt wird.

Weiter soll sich die Phosphorbronze ganz vorzüglich zur Herstellung von Windformen für Hochöfen eignen, da sie weniger oxydirt als gewöhnliche Bronze, und die etwa sich festsetzenden Inkrustationen auf der Phosphorbronze weniger haften und daher leichter zu beseitigen sind.

Auch zur Anfertigung von Getrieben und Lagern für Walzwerke, von Zahnrädern, Transmissionswellen, hydraulischen

Pressen, Schiffsschrauben ꝛc. hat sich die Phosphorbronze sehr brauchbar erwiesen. Die in dieser Beziehung während mehrjähriger Praxis von V. Gillieaux, Hütteningenieur zu Charleroi, gesammelten Erfahrungen sind im Lütticher Bulletin du Musée de l'Industrie zusammengestellt (im Auszuge in Dingl. pol. Journ. Bd. 211, S. 322 mitgetheilt). Merryweather in London hat die Phosphorbronze mit Vortheil zu Dampfmaschinen benutzt, und erscheint sie namentlich in Folge ihrer Elasticität und der sehr geringen Reibung, welche sie gegen Gußeisen ausübt, zur Liderung von Dampfkesseln sehr gut geeignet.

In der Siemens'schen Kabelfabrik sind mehrere Grubenseile aus Phosphorbronze hergestellt worden. Der hohe Grad von Zugfestigkeit derselben, welcher die Zugfestigkeit des Stahldrahtes weit übertrifft, ferner der Umstand, daß die Phosphorbronce gleich allen übrigen Kupferlegirungen in Folge wiederholter Erschütterungen (Vibrationen) eine krystallinische Textur nicht annimmt, und endlich die Thatsache, daß sie der Einwirkung der Grubenwässer sehr gut widersteht, sind nach Polain die wesentlichsten Momente, welche die Verwendung zum genannten Zwecke veranlaßten, und wenn man bedenkt, daß ein Phosphorbronzeseil auch nach längerer Benutzung und starker Abnutzung immer noch einen Metallwerth von mindestens zwei Dritteln des ursprünglichen Werthes vom Rohmateriale behält, so dürfen die höheren Anschaffungskosten derartiger Grubenseile wohl minder abschreckend erscheinen.

Durch Erlaß vom 30. Dec. 1872 haben die Mitglieder der belgischen Ausrüstungscommission für Bespannung ꝛc., die Erklärung abgegeben, daß in Folge der mit Phosphorbronze ausgeführten Versuche für sämmtliches Schnallenwerk des ganzen Riemenzeuges und Geschirrs der belgischen Cavallerie dieses Metall verwendet werden soll.

Platiniren der Phosphorbronze. — Endlich möge noch die Bemerkung Polain's hier Platz finden, daß sich Phosphorbronze weit besser platiniren läßt, als jedes andere Metall. Um Eisen zu platiniren, muß man dasselbe zunächst verkupfern, und doch läßt der Platinüberzug in Hinsicht auf Haltbarkeit noch viel zu wünschen übrig. Platinirte Phosphorbronze hat bereits zu verschiedenen Gegenständen Verwendung

gefunden, z. B. zu Revolvern, Scheeren, Pincetten 2c. für Laboratorien, zu Kunstobjekten 2c.

Polain giebt nachstehende zwei Vorschriften zum Platiniren von Phosphorbronze. Nach der ersten Methode erhält man zwar einen starken Platinniederschlag, allein die zum Verfahren erforderliche Lösung verdirbt die Politur des zu platinirenden Gegenstandes und macht ihn matt.

Die zweite Methode rührt von dem früheren Director des Hüttenwerkes Val-Benoît in Lüttich her und hat den großen Vorzug, die Politur des Stückes nicht anzugreifen. Die einzige Vorsicht, welche man beim Verplatiniren zu beobachten hat, besteht darin, die Oberfläche der Gegenstände von jeder Spur von Fett auf das Sorgfältigste zu reinigen. Bei beiden Verfahren genügt eine Batterie von zwei Bunsen'schen Elementen.

Erste Methode. — Man löst 10 Grm. Platin in Königswasser (aus 2 Th. Chlorwasserstoffsäure und 1 Th. Salpetersäure bereitet) auf, dampft die Lösung bis zur Syrupconsistenz ein, löst den Rückstand in 2 Liter Wasser, fügt 150 Grm. phosphorsaures Ammoniak hinzu, worauf ein gelber Niederschlag (von Ammonium-Platin-Phosphat) entsteht und versetzt dann das Bad mit 500 Grm. phosphorsaurem Natrium, worauf es alkalische Reaction zeigt. Man erhitzt die Flüssigkeit vorsichtig, ohne sie ins Kochen kommen zu lassen (um die Ausfällung des Platins zu verhüten), bis sie sauer reagirt und der entstandene Niederschlag sich wieder vollständig gelöst hat.

Zweite Methode. — Man löst 10 Grm. Platin in Königswasser, verdampft zur Syrupconsistenz, löst in 2 bis 3 Lit. Wasser, fügt 20 Grm. Aetzkali und 40 Grm. Oxalsäure hinzu und erhitzt die Flüssigkeit 5 bis 6 Stunden lang auf 60 bis 80°. Die Lösung entfärbt sich und wird unter Gasentwickelung hellgelb, indem das ausgeschiedene Platin und Chlorkalium fast vollständig wieder in Lösung geht.

Hierauf fügt man noch 70 bis 80 Grm. Kali oder so viel von diesem Oxyde zu, daß die Flüssigkeit eine deutlich alkalische Reaction annimmt, worauf man sie filtrirt und im kalten Zustande anwendet.

Wir wollen diese Mittheilungen über die Phosphorbronze

nicht schließen ohne auf eine neuerdings erschienene Schrift des Dr. C. Künzel „über Bronzelegirungen und ihre Verwendungen für Geschützrohre und technische Zwecke", Dresden 1875 C. C. Meinhold u. Söhne, aufmerksam zu machen. In derselben sind auch die Phosphorbronze und ihre Verwendungen in eingehender Weise besprochen.

Stahlbronze.[1] Nächst der Phosphorbronze hat in letzter Zeit die sogenannte Stahlbronze in hohem Grade das Interesse namentlich der militärischen Kreise auf sich gezogen. Die Stahlbronze ist von dem österreichischen Generalmajor v. Uchatius als Geschützmetall und zwar als Ersatz des Gußstahls empfohlen worden, und es ist — soweit hierüber Nachrichten in die Oeffentlichkeit gedrungen sind — nicht unwahrscheinlich, daß dieses neue Material bei der bevorstehenden Neubewaffung der österreichischen Artillerie in ausgedehnter Weise zur Anwendung kommen wird. Da überdies die Herstellung der Stahlbronzegeschütze an sich mehrere interessante Momente darbietet, möge eine kurze Darlegung derselben hier folgen, die einem Berichte in Dingler's polytechnischem Journale (1875, Bd. 217, S. 122) entnommen ist. —

Der Grundgedanke, auf welchem die Erzeugung der Stahlbronze beruht, ist die Thatsache, daß die Metalle durch Beanspruchung über ihre Elasticitätsgrenze, somit bei bleibender Formveränderung, eine Erhöhung ihrer Härte und Festigkeit erfahren. Dieselbe ist je nach der Natur des Materials mehr oder weniger beträchtlich und hängt bei Legierungen von der Zusammensetzung derselben ab.

Zunächst constatirte Uchatius, daß durch den Coquillenguß in Folge der raschen Erstarrung der Legirung eine Homogenität der Bronze erzielbar ist, die sonst nur durch Compression des flüssigen Materials, hier aber bei weitem schwieriger hervorgebracht werden kann. Als erste Bedingung mußte somit eine dem Coquillenguß ähnliche Herstellung der innern Höhlung des zu gießenden Geschützrohres möglich gemacht werden. Ferner aber zeigte die in Coquillen gegossene Bronze im höchsten Grade die Fähigkeit durch den Proceß des Walzens im kalten Zustande an Härte und Festigkeit zuzunehmen. Schon beim Kaltwalzen bis zu einer ganz geringen Längenstreckung erreichte die Bronze die Festigkeit, Elasticität und Härte des Geschützstahls.

Ungewalzt erreicht dieselbe ihre Elasticitätsgrenze schon bei 4 K. pro 1 □ Mm. und läßt nur eine elastische Ausdehnung von 0,4 pro Mille zu, während, wenn sie eine bleibende Streckung von 0,004 ihrer Länge erfahren hat, die Elasticitätsgrenze auf 17 K. und die elastische Streckung auf nahezu 2 p. M. steigt. Hieraus folgt, daß, wenn man die Bohrung der neuen Feldgeschütze, welche 87 Mm. beträgt, nur um $0,004 \times 87 = 0,348$ Mm. im kalten Zustande auftreibt, der elastische Widerstand schon auf das Vierfache erhöht wird.

Bei Versuchen, welche constatiren sollten, welche Zusammensetzung der Bronze für den Coquillenguß die passendste sei, ergab sich, daß die 12 Proc. Zinn und 88 Proc. Kupfer enthaltende Bronze das Kaltwalzen nicht aushielt, während die 8 Proc. Zinn und 92 Proc .Kupfer enthaltende Bronze als für den Coquillenguß am passendsten erkannt wurde und nunmehr ausschließlich angewendet werden soll.

Wenn man mittelst dieser Bronze massive Cylinder goß, so zeigte der an der Coquille angrenzende zuerst erstarrte Theil derselben schöne goldfarbige Krystalle, welche sich circa 40 Mm. gegen Innen zu erstreckten und dann allmählich in eine graue feinkörnige Masse übergingen, welche den Kern des Cylinders bildete. Die innere Masse ist nun zum Kaltwalzen durchaus nicht geeignet; es ist somit klar, daß durch Ausbohren und Auftreiben voll gegossener Cylinder keine entsprechende Innenfläche des Cylinders zu erhalten wäre. Daher muß selbstverständlich der Guß mit Innenkühlung stattfinden.

Nachdem man ohne befriedigenden Erfolg versucht hatte, die gewöhnliche Innenkühlung mittelst eines mit Lehm umhüllten Eisenrohres anzuwenden, durch welches während des Gusses Luft oder Wasser getrieben wurde und nachdem auch weitere Versuche mit verschiedenen Kernröhren aus Bronze mißlungen waren, versuchte man einen massiven Cylinder einzusetzen, der nach dem Gusse wieder ausgebohrt wurde. Auch diese Versuche schlugen fehl, solange man den Cylinder aus Bronze oder gegossenem Kupfer anwendete, führten aber zum Ziel, als zur Innenkühlung Cylinder aus *geschmiedetem* Kupfer benutzt wurden.

Die zum Guß der Geschützrohre dienende Form besteht also aus einer nahezu cylindrischen, zweitheiligen Coquille aus

Gußeisen, in deren Axe sich ein Kern aus geschmiedetem Kupfer befindet. Die in dieser Form gegossenen Bronzerohre werden nun in entsprechender Weise außen abgedreht und innen ausgebohrt, jedoch nicht auf die volle Weite von 87 Mm. sondern nur auf 80 Mm. und hierauf durch Stahlkolben, welche vorne etwas konisch zugedreht sind, auf den erforderlichen Durchmesser ausgetrieben. Zum Durchpressen werden starke, hydraulische Pressen verwendet; die Stahlkolben sind von sechs verschiedenen Größen, von denen der erste und zweite sich um 2 Mm. unterscheiden, die beiden letzten jedoch in Folge des fortwährend wachsenden Widerstandes nur mehr um 1/2 Mm. differiren dürfen. Während sich hierbei der innere Durchmesser um 7 Mm. entsprechend 8,75 Proc. erweitert, erfährt der äußere Durchmesser an der Mündung nur eine Ausdehnung von 2 Proc. und der äußere Theil behält somit bei geringerer Härte und Festigkeit die in so hohem Grade erwünschte, normale Zähigkeit der natürlichen Bronze.

Auf diese Weise erhält das ganze Rohr — genau entsprechend dem Verhalten der beringten Stahlgeschütze — eine nach außen successiv abnehmende elastische Spannung um den innern Kern, die sich auch sofort nach dem Durchpressen des letzten Preßkolbens dadurch geltend macht, daß die Bohrung sich wieder um 4 pro Mille verkleinert. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich, wenn von dem äußeren Rande eines gepreßten Cylinders ein schwacher Ring abgestochen wird. Noch ehe das Messer den letzten, dünnen Span weggenommen hat, springt der Ring von selbst ab und zeigt einen kleineren Durchmesser als der Cylinder, von welchem er abgestochen ist. Die innere Bohrung des Rohres ist vollkommen glatt, hat die Härte des Geschützstahles und bedarf nur noch des Einschneidens der Züge.

Die Resultate in Betreff der Härte, Elasticität und Festigkeit, welche die Stahlbronze im Vergleiche mit anderen Materialien ergiebt, hat Uchatius nach seinen eignen, gewiß mit großer Sorgfalt angestellten Versuchen in einer Tabelle zusammengestellt, bezüglich deren auf das Original verwiesen sein möge. Doch sei bemerkt, daß bei Durchsicht derselben die außerordentliche Verschiedenheit auffällt, welche die Stahlbronze im Innern und an der Außenwand zeigt. Proben der Stahl-

bronze, vom Innern des Rohrs genommen, ließen eine weit größere elastische Streckung erkennen als der Geschützstahl (0,11 Proc. gegen 0,034 Proc.), sowie eine wesentlich geringere bleibende Deformation bis zum Bruche (Streckung in Proc. der Länge beim Reißen 2,5 gegen 21,4 Proc.). Die Elasticitätsgrenze der innern Stahlbronze ist viel höher als beim Gußstahl, (18 Kgr. gegen 9 Kgr. pro 1 □ Mm.), die Bruchfestigkeit (48—48$^3/_4$ Kgr. pro 1 □ Mm.) ist bei beiden ziemlich gleich. Die Außenwand entwickelt dagegen bei geringerer Bruchfestigkeit (33 K.) eine kolossale Zähigkeit, indem sie sich bis zum Bruche um 40 Proc. bleibend streckt.

Hiernach kommt Uchatius zu folgenden Schlußfolgerungen in der Vergleichung zwischen Stahl und Bronze:

1. Die auf diese Art erzeugten Bronzerohre sind bezüglich der Haltbarkeit nur mit den beringten Stahlrohren zu vergleichen, da sie im Inneren dieselbe Festigkeit, Homogenität und Härte besitzen und in denselben ein der Sprengwirkung des Pulvers mit Uebermaß entgegenwirkender, elastischer Druck von Außen nach Innen von Haus aus hergestellt ist.

2. Ist die Qualität des Metalles im Stahlbronzerohre in jeder Schichte von der Bohrung gegen die Außenfläche zu eine andere, und zwar gerade so, wie es der Zweck erfordert, nächst der Bohrung am meisten fest, hart und elastisch; dann nehmen diese Eigenschaften ab und wächst die Zähigkeit. Die Elasticität im Inneren und die Zähigkeit außen sind größer als beim Stahl.

3. Die elastische, der Sprengwirkung entgegenwirkende Spannung von Außen gegen Innen zu ist in Stahlbronzerohren continuirlich durch alle Schichten hergestellt. Die neutrale Schichte, wo sich der Druck von Innen nach Außen und von Außen nach Innen das Gleichgewicht hält, liegt ganz nahe der Bohrung.

Soll ein Rohr aus Stahlbronze zerspringen, so müßte die Elasticität der ganzen Wandstärke zugleich und endlich die ungeheure Zähigkeit der äußeren Schichten, welche 40 Proc. Streckung ohne Riß ertragen, überwunden werden.

Bei dem beringten Stahlgeschütze, wo die neutrale Schichte an der Berührungsstelle des Kernes und der Ringe liegt, muß der Stoß der Sprengwirkung beinahe ganz von den Ringen

aufgefangen werden. Wird ihre Elasticitätsgrenze hierbei nicht überschritten, so hält das Rohr aus; springt aber durch ein Uebermaß des Pulverstoßes ein Ring ab, so werden die übrigen Theile wahrscheinlich nachfolgen.

Die neuen Bronzerohre sollen nach Uchatius keine Zinnflecken haben; ihr Metall ist auch nicht spröde, sie sollen sich daher auch nicht mehr ausbrennen als die Stahlrohre, auch soll die Bronze der Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse weniger unterworfen sein, als der Stahl.

Inzwischen haben, wie bekannt, ausgedehnte Schießversuche und Vergleiche zwischen Uchatius-Kanonen und einer Krupp'schen Halbbatterie neuester Construction stattgefunden, über welche die widersprechendsten Gerüchte in die Oeffentlichkeit gelangt sind; — nachdem es aber Thatsache ist, daß die aus den berufensten Persönlichkeiten zusammengesetzte österreichische Commission das von Uchatius vorgeschlagene Geschütz vorgezogen hat, so dürfte das Probeschießen doch wohl nicht so sehr zu Ungunsten der Uchatius-Kanone ausgefallen sein, als man von mancher Seite behauptet.

Aber allerdings scheint es schwer glaublich, daß eine Legirung, und das bleibt auch noch die Stahlbronze immer, die constante und verläßliche Homogenität aufweisen sollte, welche dem wohlverarbeiteten und geschmiedeten Gußstahle eigen ist, und hierin liegt entschieden der schwache Punkt des neuen Systems. Denn wenn es nicht gelingen sollte, die durch Zinnflecken entstehenden Ausbrennungen — und diese haben zugestandenermaßen auch bei einigen der Stahlbronzegeschütze statt gefunden — absolut zu vermeiden, so dürften alle anderen, mit Recht gerühmten Vorzüge derselben leicht zu nichte werden. Was die Frage der billigen Herstellung betrifft, so kann dieselbe nur dann zu Gunsten der Stahlbronze ausfallen, wenn der übrigbleibende Materialwerth des Geschützes selbst von den Herstellungskosten abgezogen wird, denn sonst dürfte wohl, bei gleichem Gewichte, ein beringtes Stahlgeschütz, dessen Rohmaterial mit 20 fl. auf dem Markte ist, trotz aller Bearbeitungskosten noch immer billiger zu stehen kommen als ein Stahlbronzerohr, dessen Material schon von vornherein den dreifachen Betrag pro Centner kostet.

Man sollte indessen nicht vergessen, daß mit der Stahl-

bronze augenscheinlich die höchste Vollendung des Bronzegusses erreicht ist, während der Geschützstahl entschieden noch nicht an dieser Grenze angelangt ist. Denn wenn auch der weiche Stahl, den wir jetzt noch zu unseren Geschützen anwenden müssen, mit seiner Festigkeit von 48 bis 50 Kgr. pro 1 □ Mm. kaum die aufs äußerste gehärtete Bronze überragt, so ist doch sehr wohl bekannt, daß die feinsten und besten Stahlmarken für Feilen, Sägeblätter, Federn u. a. eine Festigkeit bis 100 Kgr. pro 1 □ Mm. erreichen, und bester Werkzeugstahl Spannungen bis zu 110 Kgr. aushält. Ja die äußerst verdienstlichen Untersuchungen des Generalmajors Uchatius selbst weisen darauf hin, daß man mit Anwendung seines Verfahrens auf weiche Stahlcylinder innen erhöhte Härte und Festigkeit bei größerer Zähigkeit der äußeren Schichten auch bei Stahl erzielen kann.

Danach erscheint es unzweifelhaft, daß, während die Stahlbronze bereits an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt ist, dem Stahl noch ein weites Feld der Vervollkommnung offen steht, sodaß die Bronze in Folge dessen früher oder später dennoch dem Stahle wird weichen müssen. Darum kann dennoch in der Zwischenzeit die Umgestaltung der österreichischen Artillerie nach dem System Uchatius als das Rationellste erscheinen; und wird auch gewiß unter der energischen und genialen Leitung des Erfinders zu einem gedeihlichen Ende gelangen. Dabei ist der große Vortheil nicht zu unterschätzen, welcher in der raschen und billigen Herstellung im eigenen Lande begründet ist.

Schließlich sei bemerkt, daß die Originalität der Uchatius-Kanone in Zweifel gezogen worden ist. Man muß hierbei wohl zwischen dem Verschlußsystem und dem Geschützmateriale unterscheiden. Ersterer Punkt dürfte hier als ausschließlich das artilleristische Gebiet berührend, kaum zu entscheiden sein, umsoweniger als Krupp selbst in der englischen Publicistik auf die heftigste Weise ob der Originalität seiner Patente angegriffen wird. Das Material jedoch, die „Stahlbronze" wird wohl stets mit dem Namen Uchatius verknüpft bleiben und wohl mit vollem Rechte. Denn wie bereitwillig auch der Erfinder selbst anerkennt, welche Anregungen er zu seiner eigenthümlichen Anwendung des Coquillengusses empfangen hat, und wie bekannt ferner jedem Techniker sein mag, daß schon

Jahre lang kaltgewalzte Transmissionswellen und Kolbenstangen in Amerika im ständigen Gebrauche sind, so bleibt dennoch die richtige Vereinigung aller dieser Faktoren zur Herstellung von Geschützen sein unbestreitbares Verdienst.

Organische Verbindungen.

Kohlenwasserstoffe.

Nachdem wir bereits bei den theoretischen Betrachtungen, welche wir unseren chemischen Mittheilungen vorausschickten (S. 245) die Constitution verschiedener Kohlenwasserstoffe besprochen, insbesondere auch auf die Isomerien unter denselben hingewiesen haben, mögen hier noch einige in technischer Beziehung wichtig erscheinende, neuere Beobachtungen über natürlich vorkommende Kohlenwasserstoffe folgen:

Natürliche Kohlenwasserstoffe. — A. Le Bel*) hat die sehr interessante Beobachtung gemacht, daß die ungesättigten Kohlenwasserstoffe in Berührung mit Wasser sich langsam verändern, daß ihre Dichte zunimmt und daß sie alsdann bei der Destillation ein farbloses syrupöses Residuum hinterlassen. Manchmal erscheinen sogar Krystalle, sei es in der Wasserschicht oder in dem Kohlenwasserstoff selbst; diese Krystalle verschwinden beim Erhitzen.

Der zwischen 60 und 70° übergehende Theil der bei der trockenen Destillation des Erdöls von Pechelbronn (Elsaß) gebildeten Kohlenwasserstoffe, welcher ungefähr ²/₃ Hexylen enthält, läßt sich in vollkommen trockenem Zustande aufbewahren. Bei Gegenwart von Wasser verschwindet der Kohlenwasserstoff langsam (nach einem Jahre ungefähr ¹/₂₀) und das entstandene syrupöse Hydrat zersetzt sich unter dem Einflusse der Wärme sehr rasch. Wenn man mit größeren Quantitäten arbeitet, ist die Zersetzung so stürmisch, das heftige Explosion eintritt. Dabei wird Wasser, dagegen kein Hexylen regenerirt

---

*) Ber. d. d. chem. Ges. 1876, S. 60.

und gleichzeitig geht eine bei 140° siedende Flüssigkeit über, welche die Augen stark reizt und die Eigenschaften eines ungesättigten Alkohols besitzt.

Diese Beobachtung bietet vom geologischen Standpunkte aus eine große Wichtigkeit.

Eine große Anzahl von Geologen nehmen an, daß die Erdöle durch Zersetzung der Steinkohlen unter dem Einflusse der Hitze entstanden sind, und daß dabei gleichzeitig Anthracit gebildet worden, jedoch konnte man dieser Hypothese einen gewichtigen Einwand machen; bei der trockenen Destillation der Steinkohle entstehen neben gesättigten viel ungesättigte Kohlenwasserstoffe, während man die letzteren in den Erdölen nicht aufgefunden hat. Die Versuche Le Bel's erklären nun auf das Einfachste das Verschwinden derselben, da er ja zeigt, daß sie bei Gegenwart von Wasser nicht bestehen können.

Ueber den Ozokerit, welcher schon mehrfach erwähnt wurde (Bd. I, S. 340 und Bd. II, S. 272) und welcher neuerdings zu ansehnlicher Wichtigkeit gelangt ist, hat K. List*) eine ausführlichere Abhandlung veröffentlicht, der wir folgendes entnehmen:

Von den Fundorten des Ozokerit haben industrielle Bedeutung nur die in Galizien, namentlich in Boryslaw bei Drohobycz, in der Moldau und am kaspischen Meer; in Boryslaw allein wurden im Jahr 1873 325,000 Entr. producirt und der Werth der galizischen Production betrug, soweit zu ermitteln, im Jahr 1873 circa 6,8 Mill. Mk. Das normale galizische Bergwachs besteht aus einer zähen, plastischen, sich fett anfühlenden, braungelben Masse ohne Beimengung flüssiger Substanzen; im Gemisch mit mehr oder weniger Erdöl bildet es den zähflüssigen sogen. Kindybal oder einen leichter flüssigen Theer. In demselben Schacht aber trifft man gewöhnlich Rohöl oder Naphta, Theer, Kindybal und Erdwachs; es sind dies Uebergänge, die sich nicht immer scharf trennen lassen. Aus dem Kindybal erhält man das Erdwachs durch Umschmelzen und Verflüchtigung der flüssigen Theile. Das ausgeschmolzene Erdwachs von Boryslaw ist dunkelbraun, hat

*) Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1876 und Deutsche Industriezeitung 1876, S. 205.

einen schwachen empyreumatischen Geruch, ist auf dem Bruch dem rohen Bienenwachs sehr ähnlich, nimmt leicht Eindrücke vom Fingernagel an, läßt sich leicht schneiden, ohne am Messer anzuhaften, und zwischen den Fingern kneten. Der Schmelzpunkt ist etwa bei 63° C.; das specifische Gewicht etwas geringer als das des Wassers. In Aether ist es theilweise löslich; das Gelöste scheidet sich in Form mikroskopischer Krystallschuppen aus, die nach dem Trocknen ein etwas klebriges Pulver bilden. In kochendem Alkohol von 95 Proc. ist derselbe Bestandtheil nur sehr wenig löslich; beim Erkalten der Lösung scheidet er sich in krystallinischen Flocken aus. Verschiedene Proben, die List untersuchte, zeigten allerdings bedeutende Verschiedenheiten, namentlich in Härte und Schmelzbarkeit.

Besondere praktische Wichtigkeit hat das Verhalten des Ozokerit bei der Destillation. Das Destillat aller, auch der härtesten Sorten Erdwachs besteht aus festen und flüssigen Bestandtheilen, unter denen erstere allerdings bedeutend vorwalten; allein der Ozokerit erleidet beim Destilliren eine Zersetzung, indem eine paraffinähnliche Masse und flüssige Produkte entstehen, kurz er zerfällt in Stoffe von niedrigerem Schmelzpunkt.

Die Verwendung des Erdwachses zu Beleuchtungszwecken war anfänglich eine sehr ursprüngliche. Schon vor langer Zeit haben die Bewohner von Boryslaw aus den ausgeschmolzenen Massen ohne weitere Reinigung Kerzen bereitet, die jedoch wegen ihres wenig schönen Aussehens keine weitere Verbreitung finden konnten. Erst vor 12 Jahren hat man angefangen, das Erdwachs behufs der Darstellung reinerer Produkte einer Destillation zu unterwerfen. Die Mittheilungen über das Verfahren zur Verarbeitung des Erdwachses zu Paraffin, wie es Roßmäßler in der Fabrik auf der Insel Swätoi-Ostrow im caspischen Meere bei der Halbinsel Apscheron ausführte, sowie die über die Fabrikation von Field in Lambeth stimmten darin überein, daß der rohe Ozokerit im Wesentlichen so behandelt wird, wie das durch trockene Destillation der Braunkohlen und bituminösen Schiefer erhaltene Produkt, sodaß also die Verwendung des Erdwachses zur Paraffinfabrikation vor derjenigen der Braunkohlen den großen Vortheil bietet, daß bei ihr der ganze erste Theil, der Schweelproceß, wegfällt. Die

Fabriken, welche Erdwachs verarbeiten, sind also denjenigen Paraffinfabriken an die Seite zu stellen, welche nur mit angekauftem Braunkohlentheer arbeiten. Außerdem ist aber auch die Arbeit einfacher, z. B. eine Reinigung durch Natronlauge überflüssig, wie sie die bei der ersten Rectification des Theers erhaltenen Rohöle wegen des Kreosotgehaltes erfordern. Besonders aber zeichnet sich das Erdwachs noch durch eine größere Ergiebigkeit an fertigen, guten Producten aus. Diese betragen nach Albrecht bei einem Braunkohlentheer von mittlerer Beschaffenheit 60 — 80 Proc., beim Erdwachs aber 82 Proc., und werden erhalten:

	aus Braunkohlentheer		aus Erdwachs	
Paraffin . .	15 bis 17 Proc.	1,0	36 Proc.	1,0
Leuchtöl . .	28 „ 35 „	1,8	25 „	0,7
Schmieröl .	10 „ 15 „	0,6	21 „	0,6

Aus dem Procentgehalte sind die danebengestellten Verhältnisse der verschiedenen Producte zu einander berechnet; das Paraffin macht unter denen des Braunkohlentheers 23,8 bis 24,3, unter denen des Erdwachses 43,9 Proc. aus. Diese Verhältnisse erklären genügend, daß das Erdwachs ein gesuchtes Material für die Paraffinindustrie geworden ist.

Die von Field aus Ozokerit dargestellten Kerzen sind im Aussehen denen aus gebleichtem Wachs sehr ähnlich. Auch im Aussehen der Schnittfläche stimmen beide überein. Den Schmelzpunkt fand List = 60° C., übereinstimmend mit Letheby, der ihn = 59,5° C. angiebt.

Die Field'schen Ozokeritkerzen stehen mithin in dieser Beziehung den Wachskerzen und den aus Palmöl bereiteten sogen. Stearinkerzen gleich, wie die folgende Zusammenstellung der verschiedenen Kerzenmaterialien zeigt:

	schmilzt bei
Carnaubawachs	85° C.
Weißes Erdwachs von J. F. Otto	83 bis 74°
Chinesisches Wachs	77°
Reine Stearinsäure	69°
„ Palmitinsäure	62°
Ceresin von Stockerau	62°
Bienenwachs, gebleicht. . . .	61°
Ozokeritkerzen von Field . . .	60°

	schmilzt bei
Paraffin	55 bis 45 °
Walrath	44 °
Japanesisches Wachs	42 °
Talg	27 °

Letheby hebt hervor, daß, während einige Sorten von Paraffinkerzen einer Temperatur von 30 ° nicht widerstehen und die meisten bei 36 ° weich werden und sich biegen, die Ozokeritkerzen bei 42 ° noch fest und hart bleiben, eine Temperatur, welche höher ist als die eines gewöhnlichen Zimmers. An Leuchtkraft sollen die Ozokeritkerzen alle übrigen übertreffen; um dieselbe Lichtmenge zu geben, sollen erforderlich sein:

Ozokerit von Field	751 Grm.
Paraffin . . .	798 bis 891 Grm.
Walrath . . .	1000 Grm.
Wachs	1150 "
Stearinsäure . .	1200 "
Talg	1570 "

Außerdem ist von den Ozokeritkerzen noch zu rühmen, daß sie gänzlich frei von Geruch und beim Anfühlen nicht fettig sind.

Ungeachtet aller dieser Vorzüge des aus dem natürlichen Ozokerit gewonnenen Fabrikates ist es doch als ein Abweg zu bezeichnen, wenn das Erdwachs als ein Rohmaterial zur Paraffingewinnung verwendet wird, indem man es einer zerstörenden Destillation unterwirft. Während das rohe Erdwachs zu seiner Verflüssigung einer Temperatur von etwa 60 ° bedarf, ist das gesammelte Destillat bei gewöhnlicher Temperatur nur butterartig und verflüssigt sich bei etwa 30 ° vollständig. Man opfert also dem Bestreben, das Material zu entfärben, die bei Lichtmaterial hochgeschätzte Eigenschaft der Schwerschmelzbarkeit. Der Ozokerit läßt sich ja, wie oben erwähnt, nicht unzersetzt destilliren, sondern zerfällt bei anhaltender Wirkung der Wärme in ein flüssiges und ein festes, leichter schmelzbares Product. Aber noch eine andere schätzenswerthe Eigenschaft des Ozokerit geht nicht in die daraus durch Destillation erhaltene feste Masse über, die Elasticität, welche ihn dem Wachse so ähnlich macht. Das Field'sche Kerzenmaterial läßt sich zwischen den Fingern nur so lange kneten, als es nach dem Uebergange aus dem flüssigen Zustande noch warm ist, bei

gewöhnlicher Temperatur läßt es sich wie Stearinsäure zerdrücken, und eben so wenig wie bei dieser lassen sich zwei Stücke mit Hülfe der Wärme zusammenschweißen, während dies bei dem natürlichen Erdwachse eben so leicht wie beim Bienenwachse gelingt. Die Field'schen Ozokeritkerzen bestehen also keineswegs aus im Verlaufe der Fabrikation gereinigtem Erdwachs, sondern verdanken ihren Namen nur dem Rohmateriale, und führen ihn nicht mit größerm Rechte als die „Stearinkerzen" den ihrigen.

So ist es denn in jeder Beziehung als ein Fortschritt zu bezeichnen, wenn man bei der Verarbeitung des Erdwachses dahin zurückkehrt, von einer tiefer eingreifenden Behandlung durch Destillation abzusehen und sich im Wesentlichen auf eine Entfärbung zu beschränken. Diesen Weg hat J. V. Otto in Frankfurt a/O. verfolgt, und in wie hohem Maße er sein Ziel erreicht hat, bezeugte seine Ausstellung in Wien 1873. Es ist ihm gelungen, vollkommen weißes Erdwachs von 83 ⁰ Schmelzpunkt und so großer Härte zu liefern, daß es von krystallisirtem Gyps oder dem Fingernagel kaum geritzt wird. Bei scheinbar krystallinischem Gefüge und splittrigem Bruch hat es doch die Eigenschaft beibehalten, sich zwischen den Fingern wie Bienenwachs kneten zu lassen; die krystallinische Beschaffenheit geht hierbei immer mehr verloren, und nach einiger Zeit lassen sich zwei getrennte Stücke durch Druck wie bei Wachs zu einem einzigen vereinigen, ein Verhalten, welches bei den Field'schen Ozokeritkerzen zu vermissen ist. Hiermit geht Hand in Hand, daß ein geknetetes Stück dieses gereinigten Erdwachses nach dem Andrücken an eine glatte Oberfläche von Holz ebenso fest anhaftet wie Wachs, was bekanntlich weder Paraffin, noch Stearin und auch das ungeknetete reine Erdwachs nur in geringem Grade thun. Es ist mithin das gereinigte Edwachs in seinen Eigenschaften allen übrigen Kerzenmaterialen überlegen; an Schwerschmelzbarkeit wird es kaum von dem brasilianischen Carnaubawachs übertroffen und kann wie dieses verwendet werden, leicht flüssiges Material, z. B. weiße Paraffine, zur Kerzenfabrikation tauglich zu machen.

Zu diesen Erfolgen ist J. Otto, wie er Dr. List mittheilte, dadurch gelangt, daß er vorzugsweise die härtesten Sorten des rohen Erdwachses von 70 ⁰ und höherem Schmelz-

punkte verarbeitet, während die Wiener Fabriken der leichtern Arbeit wegen meistens Waare von nur 59° bis 60° kaufen. Zum Bleichen bedient er sich keiner heftig einwirkenden Chemikalien, sondern geht von der Ueberzeugung aus, daß gelindere Mittel bei längerer Einwirkung kräftiger wirkende Chemikalien ersetzen und bessere Resultate geben, ohne unliebsame Nebenproducte auf Kosten des Rohmaterials zu liefern. Der Schmelzpunkt würde um noch 5° erhöht, also auf 88° getrieben werden können, ohne die Ausbeute dadurch zu verringern, doch würde zugleich die Masse in unerwünschter Weise krystallinischer und dem durchscheinenden Paraffin ähnlicher werden.

Die „erste k. k. österreichische Ceresinfabrik“ von H. Ujhely & Comp. in Stockerau bei Wien hat es sich zur Aufgabe gemacht, ein Surrogat des Bienenwachses zu liefern. Es kann sich hierbei nicht um die Verwendung des Materials für Kerzen handeln, deren einziger Zweck ist, zur Beleuchtung zu dienen, da ja das Bienenwachs weder in Beziehung auf Schmelzbarkeit, noch auf Lichtstärke Vorzüge vor der billigeren Stearinsäure hat, durch die es deshalb auf diesem Gebiete völlig verdrängt ist; aber neben den Wachsstöcken, den Kerzen für kirchliche Zwecke, wo der katholische Cultus Wachs verlangt, u. dgl. wird noch immer das Wachs zu mannigfachen Zwecken, in der Verfertigung von Luxusgegenständen und in der Industrie in so großen Mengen verbraucht, daß die heutige Bienenzucht nicht mehr ausreicht, den Bedarf an Wachs zu liefern, besonders weil sie in den wenigen Gegenden, wo sie von Bedeutung ist, in richtiger Erkenntniß ihres wahren Zieles die Wachsproduction beschränkt hat. Die Folge hiervon mußte sein, daß, um die Quantität des producirten Wachses dem Bedürfniß entsprechend zu vermehren, das Beimischen von Zusätzen, z. B. Paraffin, Terpentin u. a. die möglichst große Ausdehnung erreicht hat. Diesem verfälschten Wachse gegenüber soll Ceresin ein wahres Surrogat, ein reines Ersatzmittel für das Wachs werden. Auf welche Weise es bereitet wird, ist noch Fabrikationsgeheimniß, und wahrscheinlich ist die Annahme des österreichischen officiellen Ausstellungsberichtes, daß „es sich hier um eine Vermischung des gewöhnlichen Bienenwachses mit mehr oder weniger weichem

Paraffin handle", absichtlich von Eingeweihten nicht berichtigt worden. Denn da die drei in Oesterreich bestehenden Fabriken — H. Ujhely in Stockerau, J. Wagemann in Wien und eine in Galizien — das Ceresin aus Erdwachs fabriciren, und in Mittheilungen einer derselben der Name „Mineralwachs" als gleichbedeutend mit Ceresin gebraucht ist, da ferner der von J. V. Otto aus dem Erdwachs ohne jeglichen Zusatz durch einfache Reinigung erhaltene gebleichte Ozokerit die wachsartige Beschaffenheit des natürlichen bewahrt hat, während das durch Destillation nach Analogie des Paraffins gereinigte Material Field's auch das Verhalten des Paraffins bis auf seinen Schmelzpunkt theilt,*) so dürfen wir schließen, daß das Ceresin aus dem Erdwachs durch einfache Reinigung und Bleichung mit Umgehung der Destillation bereitet wird.

Daß sämmtliche Ceresinfabriken vollauf zu thun haben — die von Stockerau fabricirte schon 1873 12000 Ctr. — wird Niemand wundern, der die Ausstellung in Wien gesehen hat. Die Aufgabe, alle Fabrikate, zu welchen bisher Bienenwachs verwendet wurde, aus Erdwachs zu verfertigen, ist vollständig gelöst.

Den Beleuchtungswerth der dem Wachse ähnlichsten Kerzensorte fand Dr. List ebenso hoch, wie den des Field'schen Ozokerit's, nämlich 1 1/2 mal so groß wie den des Wachses. Für alle technischen Verwendungen soll das Ceresin sich als Ersatz des Wachses vollkommen bewährt haben; namentlich als Appreturmittel für Leinen- und Baumwollenzwirne, die seit der Einführung der Nähmaschine große Mengen von Wachs in Anspruch nehmen, sowie für Glacékattune und Buntpapiere; ferner von Lacken, Copirpapier u. A. und endlich zur Darstellung pharmaceutischer Präparate und Kosmetika.

---

*) Einen characteristischen Unterschied glaubt Dr. List darin gefunden zu haben, daß beim Erwärmen mit concentrirter Schwefelsäure der geschmolzene Ozokerit Field's, ebenso wie gewöhnliches, durch Destillation gewonnenes Paraffin, sich leicht mit der Säure mischen läßt, während Otto's gereinigtes Erdwachs und Ceresin getrennte Schichten bilden, bis bei stärkerm Erhitzen, wie auch bei jenen beiden, Schwärzung und Bildung schwefliger Säure eintritt.

Alkohole.

Auch die Constitution der Alkohole und die Isomerien, welche unter denselben statthaben, sind schon oben (S. 253) Gegenstand der Besprechung gewesen. Mögen hier noch einige Notizen über neuere Beobachtungen bezüglich der Darstellung, Eigenschaften, Verwendbarkeit ꝛc. einzelner Alkohole folgen. Wie schon oben bemerkt, bezeichnet man als Alkohole alle diejenigen Verbindungen, die man aus Kohlenwasserstoffen dadurch entstanden denken kann, daß ein oder mehrere Wasserstoffatome durch eine gleiche Anzahl von Wasserresten ersetzt wurden, und unterscheidet man hiernach die Alkohole als ein=, zwei=, drei= und mehrwerthige, jenachdem die Zahl der durch Wasserreste ersetzten Wasserstoffatome 1, 2, 3 oder mehr beträgt.

Einwerthige Alkohole.

Methylalkohol, Holzgeist = CH_3OH. — Infolge des Darniederliegens der Anilinfarbenfabrikation, welche lange Zeit bedeutende Mengen Holzgeist consumirte, ist die Nachfrage nach dem letzteren einer Ueberproduction gewichen, welche augenblicklich auf dem mit der Destillation des Holzes sich befassenden Industriezweige schwer lastet und sich durch einen bedeutenden Preisrückgang der Destillationsproducte des Holzes (des Holzgeistes und der Essigsäure) kundgiebt.

Die Fabrikation des Holzgeistes, die Reinigung desselben, sowie seine wichtigsten Verwendungen sind neuerdings von Ernst Dollfus*) in eingehender Weise besprochen worden. Da indessen das Prinzip des Fabrikations= und Reinigungsverfahrens unseren Lesern bekannt sein dürfte, verweisen wir bezüglich der Details desselben auf die Originalabhandlung.

Früher wurde der Holzgeist zum Verfälschen des Weingeistes benutzt, später, als der Holzgeist erheblich im Preise stieg, fälschte man umgekehrt letzteren durch Zusatz von Weingeist oder Aethylalkohol. Da ein Gehalt des Methylalkohols an Aethylalkohol die Verwendbarkeit des ersteren zur Anilinfarbenfabrikation sehr wesentlich beeinträchtigt, hat man sich

*) Deutsche Industriezeitung 1874, S. 102 u. 116 u. Dingl. pol. Journ. 1874, Bd. 214, S. 62.

vielfach um Methoden bemüht, Aethylalkohol im Methylalkohol nachzuweisen. Schon vor längerer Zeit hat Lauth*) ein Verfahren veröffentlicht, welches befriedigende Resultate giebt. Dasselbe besteht darin, daß man den fraglichen Holzgeist mit vier Theilen Schwefelsäure wie bei der Darstellung von Aethylen behandelt. Der reine Holzgeist giebt hierbei keine Spur durch Brom absorbirbaren Gases, sobald er aber nur 1 Proc. Aethylalkohol enthält, kann man die Bildung von Aethylenbromid constatiren, welches letztere als farblose Flüssigkeit zurückbleibt, wenn man das zur Absorption der Gase in Ueberschuß verwendete Brom mit schwach alkalischer Lauge behandelt. Wunder, welcher mehrfach Veranlassung hatte, käuflichen Holzgeist auf Aethylalkohol zu prüfen und sich dabei dieses Verfahrens bediente, macht darauf aufmersam, daß man sich hierbei, um vor Täuschungen sicher zu sein, eines reinen Broms zu bedienen hat, da käufliches Brom bei der Behandlung mit Natronlauge nicht selten einen farblosen, öligen Rückstand läßt, welcher zu Verwechselungen mit Aethylbromür Veranlassung geben kann.

Gautier giebt ein anderes aber weniger praktisches Verfahren an, dessen er sich zu gleichem Zwecke bedient hat. Dasselbe beruht auf der Thatsache, daß Cyansilber, wenn man es mit einem Gemenge Jodäthyl und Jodmethyl auf 100° erhitzt, nur auf letzteres einwirkt, ersteres dagegen unverändert läßt.

Neuerdings haben A. Riche und Ch. Bardy**) folgendes Verfahren beschrieben, welches auf der Ueberführung des Alkohols in Aldehyd durch Uebermangansäure und Nachweisung des Aldehyds durch Fuchsin beruht. Bekanntlich färbt Aldehyd die Fuchsinlösung violett; die Färbung ist gegen schweflige Säure beständig, welche das Fuchsin nicht entfärbt. Der fragliche Holzgeist wird zuerst einige Augenblicke mit etwas Schwefelsäure erhitzt, um gewisse Substanzen zu zerstören, welche Fuchsin ebenfalls violett färben, sodann mit Wasser versetzt und destillirt. Zu dem Destillate setzt man Schwefelsäure und Kaliumpermanganat, sodann Natriumhyposulfit und endlich eine verdünnte Fuchsinlösung. Die Flüssigkeit färbt sich violett,

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. II. S. 105.
**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876. S. 638.

wenn der angewendete Holzgeist Aethylalkohol enthält, während sie bei Abwesenheit dieses Körpers eine gelbe Farbe annimmt.

Um umgekehrt im Aethylalkohol Methylalkohol aufzufinden und zu bestimmen, geben die Genannten*) das folgende Verfahren an, welches auf der bekannten Thatsache basirt, daß Methylanilin durch Oxydation einen schön violetten Farbstoff liefert, während Aethylanilin ein ähnliches Verhalten nicht zeigt. Man behandelt 10 Cubc. des fraglichen Alkohols mit 15 Grm. Jod und 2 Grm. amorphem Phosphor, destillirt sogleich und fängt das Product in 30—40 Cubc. Wasser auf. Das gebildete Jodid wird von dem Wasser getrennt und in ein Kölbchen zu 6 Cubc. Anilin gebracht. Die Reaction beginnt sogleich, zuletzt muß sie jedoch unter Beihülfe der Wärme zu Ende geführt werden. Aus dem Reactionsproduct werden die gebildeten Alkaloïde durch ein Alkali in Freiheit gesetzt, und darauf 1 Cubc. nach der Methode von Lauth durch ein Gemenge von Chlornatrium, Kupfernitrat und Quarzsand oxydirt; die Oxydation erfordert ungefähr 10 Stunden, wenn man auf 90° erhitzt. Das Product wird mit warmem Alkohol ausgezogen und die Flüssigkeit auf 100 Cubc. verdünnt. Reiner Aethylalkohol liefert auf diese Weise eine röthliche, holzfarbene Flüssigkeit; enthielt der Alkohol jedoch nur 1 Proc. Methylalkohol, so besitzt die Lösung einen entschieden violetten Ton. Der Gehalt an Methylalkohol kann durch colorimetrische Versuche (durch Vergleichung mit Lösungen von bekanntem Gehalte) oder durch vergleichende Färbeversuche bestimmt werden.

Methyljodür. Zur Darstellung von Methyljodür empfiehlt A. Butlerow**) in einem mit zwei Rückflußkühlern verbundenen Kolben Methylalkohol mit der nöthigen Menge rothen Phosphors zu erhitzen, während man durch das weite innere Rohr des einen der zwei Rückflußkühler beständig Jod hinzufügt. Auf diese Weise kann in 5—6 Stunden 1 Kgr. Jod verarbeitet werden.

Aethylalkohol und Gährung. L. Pasteur***) fügt

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 697.
**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 561.
***) Wagner, Jahresbericht 1875. S. 817. — Compt. rend. t. 78 p. 452, t. 80 p. 452.

seinen früher publicirten Arbeiten (B. IV S. 252) über Alkoholgährung einige neue Beobachtungen bei. Zunächst hebt er hervor, daß alle späteren Arbeiten seine früheren Ansichten über die Gährung nur befestigt hätten, nämlich, daß dieselbe die Folge des Lebens ohne Luft und ohne freien Sauerstoff sei. Jedes Wesen, Organ oder jede Zelle, welche die Fähigkeit besitzt, eine chemische Arbeit zu leisten, ohne dazu freien Sauerstoff nöthig zu haben, ruft alsbald die Erscheinungen der Gährung hervor. Mit anderen Worten, die Gährung ist nichts Anderes, als die Folge einer eigenthümlichen Art von Leben, eine Art der Ernährung oder Assimilation, welche von der gewöhnlichen Art des Lebens und der Ernährung aller organischen Wesen insofern abweicht, als an Stelle der durch den freien Sauerstoff bewirkten Verbrennung und der daraus sich ergebenden Manifestation des Lebens die Zersetzung sauerstoffhaltiger Verbindungen tritt. Letztere Substanzen nennt man dann gährungsfähige. Diese Theorie stützt sich auf die Resultate, welche der Verfasser bei seinen Untersuchungen über die Buttersäuregährung erhielt und besonders auf den Umstand, daß das Buttersäureferment ein Vibrio ist, welcher die Fähigkeit besitzt, sich bei Abschluß der Luft in unbegrenzter Masse zu vermehren.

Vor einiger Zeit erbot sich Pasteur gegen v. Liebig, in dessen Gegenwart eine beliebig große Menge von Vibrionenfleisch zu erzeugen, ohne dazu anderer Substanzen zu bedürfen als Ammoniaksalzes, mineralischer Stoffe und kohlenstoffhaltiger Verbindungen; auch behauptete er, daß alle Funktionen des Lebens, des Sprossens der Vibrionen, sowie die darauffolgende weitere Entwickelung derselben ohne die Mitwirkung der geringsten Menge freien Sauerstoffes von statten gehen können. v. Liebig hat auf diesen Vorschlag nichts erwidert, ebenso wie auf einen anderen, welcher dahin ging, diese Versuche vor einer von der französischen Akademie zu wählenden Commission auszuführen.

Pasteur aber ist überzeugt, daß, wenn solche Versuche ausgeführt worden wären, die Frage, deren Discussion der Gegenstand der vorliegenden Mittheilung ist, wohl nicht aufgeworfen worden wäre.

Die Pasteur'schen Ansichten über die Gährung fanden

bekanntlich in Deutschland und anderwärts viele Anhänger; aber in den letzten Jahren wurden auch wiederum mancherlei Einwände dagegen erhoben. Unter Anderen hat Osc. Brefeld*) Versuche veröffentlicht, deren Resultate den obigen zum Theil widersprechend sind. Jul. Sachs äußert sich in seinem Handbuche der Pflanzenphysiologie (4. Aufl.) dahin, „daß die von Pasteur vertretene Ansicht, die Hefe könne in Flüssigkeiten leben, die keinen freien Sauerstoff enthalten, sich den zu ihrer Entwickelung nöthigen Sauerstoff durch Zersetzung chemischer Verbindungen aneignen und dadurch die Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure, Alkohol und andere Producte bewirken, durch die Versuche von Brefeld gradezu widerlegt sei, welche letzteren darthun, daß die Hefe so gut wie alle anderen Pflanzenzellen gasförmigen oder in der Flüssigkeit gelösten Sauerstoff zu ihrer Entwickelung nöthig haben." Hiernach geht also die gegentheilige Ansicht kurz dahin, daß das Wachsen der Hefe ohne freien Sauerstoff unmöglich ist. Brefeld bestreitet die Existenz von auf der niedrigsten Stufe der Organismen stehenden Wesen, welche im Stande sind, sich von gebundenem Sauerstoffe zu ernähren und sich unter Bedingungen zu entwickeln, die den für die übrigen organischen Wesen geltenden durchaus entgegengesetzt wären.

Diese Ansicht Brefeld's fand Widerspruch. Traube**) hat Versuche veröffentlicht, welche bestimmt ergeben, daß ein Wachsthum und eine Entwickelung der Hefe ohne freien Sauerstoff allerdings möglich ist. Allein trotzdem ist auch er mit Pasteur insofern nicht in Uebereinstimmung, als nach seinen Versuchen die Hefe in sauerstofffreien Flüssigkeiten zwar leben, aber keine lebhafte Gährung erzeugen, sondern höchstens den Anfang einer solchen hervorrufen kann, und zwar einen so schwachen Anfang, daß nach Traube's Ansicht hierbei nicht der Zucker, sondern die der Lösung beigemengten Eiweißkörper zum Zwecke der Entwickelung der Hefe zersetzt werden. Man darf daher nicht annehmen, daß die Zersetzung des Zuckers bei Abschluß der Luft eine Consequenz des Lebens ohne freien Sauerstoff sei.

---

*) Wagner's Jahresbericht 1874. S. 700.
**) Wagner's Jahresbericht 1874. S. 723.

Kurz, Brefeld stellt in Abrede, daß die Hefe ohne Gegenwart von Luft leben kann und erklärt Pasteur's Versuche für irrig; Traube andererseits giebt zu, daß Pasteur's Versuche richtig sind, aber er sowohl wie Brefeld weisen doch die Ansicht zurück, daß die Hefe ohne freien Sauerstoff den Zucker zersetzen könne. Pasteur entgegnet, daß, wenn man luftfreie gährungsfähige Flüssigkeiten in Gährung versetzen will, die Anwendung junger Hefe nöthig sei, und meint, Brefeld's Versuche haben abweichende Resultate ergeben, weil derselbe mit zu alter Hefe gearbeitet habe. Daß andererseits Traube nur einen Anfang der Gährung und nicht eine Vollendung beobachtete, rührt nach Pasteur daher, daß derselbe nicht mit reiner Hefe arbeitete. Denn wenn die Hefe, die man in luftfreie, zuckerhaltige Flüssigkeiten bringt, nicht absolut rein ist, so entwickeln sich nach kurzer Zeit fremdartige Fermente, welche den Vorgang compliciren, die Alkoholhefe verderben und ihre Weiterentwickelung hemmen. Pasteur sucht seine Behauptungen durch neue Versuche zu beweisen und faßt seine Ansicht über den Gährungsproceß nochmals in folgenden Worten zusammen: „Der chemische Proceß der Gährung ist im Wesentlichen ein dem Acte des Lebens correlativer Vorgang, er beginnt und endigt mit dem letzteren; niemals tritt eigentliche alkoholische Gährung ein, ohne daß zugleich Organisation, Entwickelung und Vervielfältigung von Zellen oder fortgesetzte Weiterentwickelung schon gebildeter Zellen stattfindet." Diesem schon früher ausgesprochenen Satze fügt Pasteur hinzu: Die Gährung ist die Consequenz des Lebens ohne freien Sauerstoff. Es giebt zwei Arten von Wesen: die einen, Aerobien, bedürfen zu ihrem Leben des Sauerstoffes, die anderen Anaerobien, können denselben entbehren. Letztere sind die Fermente. Obgleich sie ohne Luft leben können, sobald diese gänzlich fehlt, vermögen sie doch zum Zwecke ihrer Ernährung verschieden große Mengen freien Sauerstoffes zu verwenden, sobald solcher vorhanden ist und ihre Gährung erregende Wirkung steht im umgekehrten Verhältnisse zu dem Volumen freien Sauerstoffes, welches sie assimiliren können. Wenn sie ausschließlich unter Mitwirkung von freiem Sauerstoffe leben, dann gehören sie der Klasse der Aerobien an, d. h. sind keine Fermente; wenn die Anaerobien dagegen (wie Pasteur bereits

im Jahre 1872 ausgesprochen hat) und namentlich die Schimmelpilze in Umstände gerathen, wo es ihnen an freiem Sauerstoffe gebricht, so werden sie zu Fermenten und zwar genau in dem Maaße der chemischen Arbeit, welche sie ohne freien Sauerstoff leisten. Die Theorie der Gährung ist hiermit, nach Pasteur's Ueberzeugung, begründet. Sie wird nach ihm mathematisch erwiesen sein, wenn die Wissenschaft soweit fortgeschritten ist, um das Verhältniß der Wärmemengen festzustellen, welche einerseits während der Zersetzung des Zuckers durch die Hefe bei Luftabschluß gebraucht und welche andererseits bei genügendem Sauerstoffzutritte durch Verbrennung entwickelt werden.

Ueber die giftigen Wirkungen der Gährungsalkohole berichten Dujardin-Beaumetz und Audigé*). Dieselben gelangen auf Grund ihrer Untersuchungen zu folgenden Schlüssen: 1) Die giftigen Eigenschaften der Gährungsalkohole nehmen mit dem Molekulargewichte derselben zu. 2) Ein und derselbe Alkohol wirkt giftiger, wenn man ihn in den Verdauungscanal bringt, als wenn man ihn unter die Haut einspritzt. In letzterem Falle wird die Wirkung durch die Verdünnung des Alkohols vermehrt. Rabuteau weist darauf hin, daß er die in der vorstehenden Mittheilung enthaltenen Thatsachen bereits im Jahre 1870 veröffentlicht hat.

Hierbei möge noch einer Schrift von Benjamin W. Richardson**) „über Alkohol" Erwähnung gethan werden, welche in England einiges Aufsehen erregt zu haben scheint, da sie in kurzer Frist die 9. Auflage erlebte. Dieselbe schildert die nachtheiligen Folgen des Genusses geistiger Getränke in sehr lebhaften Farben und bespricht insbesondere die physiologische Wirkung des Alkohols auf den menschlichen Körper. — Vom chemischen Standpunkte aus bietet das Schriftchen nichts Neues.

Wein. — Prof. Dr. Neßler in Karlsruhe, welcher im amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung (Bd. I. S. 226—284) das Referat über Wein, Bier und andere ge-

*) Wagner's Jahresbericht 1875. S. 824.

**) Benjamin W. Richardson, on alcohol; a course of six Cantor lectures delivered before the society of arts. 9th. edition. London 1875. Macmillan and Co.

gohrene Flüssigkeiten geliefert hat, schickt seinen Mittheilungen einige interessante Bemerkungen über die Beurtheilung der Weine voraus. Er weist darauf hin, daß man in dem heutigen Weinhandel besonderes Gewicht auf Milde und süßen Geschmack legt und bespricht infolge dessen sowohl die Bedingungen, welche das natürliche Süßbleiben der Weine ermöglichen, als auch die Mittel, welche zum Süßerhalten oder Versüßen derselben in Anwendung gebracht werden. Unter letzteren sind das Süßhalten durch Eindampfen des Mostes, durch Alkoholzusatz, durch Behandeln mit schwefliger Säure und das Versüßen durch Zusatz von Zucker, sowie von süßen Weinen einer eingehenden Betrachtung unterworfen. Auch die Ursachen des Trübewerdens der Weine, der Essigsäurebildung in denselben sind kurz erörtert. Da eine Wiedergabe des wesentlichen Inhalts der Neßler'schen Abhandlung zu viel Raum in Anspruch nehmen würde, müssen wir uns hier mit dem Hinweis auf das Original begnügen.

Ueber die Erkennung mit Traubenzucker gallisirter Weine hat Neubauer*) Untersuchungen angestellt. Bei der Prüfung einer größeren Anzahl käuflicher Traubenzuckersorten, welche aus verschiedenen Fabriken des In- und Auslandes bezogen waren, fand derselbe, daß 10procentige Lösungen dieser Präparate, die durchschnittlich 18 Proc. Wasser enthielten, eine stärkere Rechtsdrehung der Polarisationsebene zeigten, als wie sie einer Lösung von reinem, trocknen Traubenzucker zukommt. Diese, die Polarisationsebene stärker als der reine Traubenzucker nach rechts drehende Substanz ist kein Dextrin, sondern ein zwischen dem Dextrin und dem Zucker liegendes, zur Zeit noch unbekanntes Zwischenglied, welches aber der Gährung widersteht und sich auch nach beendeter Gährung durch eine starke Rechtsdrehung auszeichnet.

In der That: läßt man käuflichen Traubenzucker in zehnprocentiger Lösung, nach Zusatz einer genügenden Menge frischer Bierhefe, vollständig vergähren, filtrirt und dampft ein, so resultirt schließlich eine nicht unbedeutende Menge eines braunen Syrups von widerlichem Geschmack, der aber durch starke Rechtsdrehung ausgezeichnet ist. 50 Cubc. eines solchen

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1285.

Syrups auf 250 Cubc. verdünnt, zeigten nach der Behandlung mit Thierkohle in einer 100 Mm. langen Röhre mit dem Polaristrobometer von Wild untersucht, eine Rechtsdrehung von + 8,4°.

Nach Neubauers Untersuchungen enthalten die käuflichen Traubenzucker, wie sie augenblicklich der Handel liefert, im Mittel von 13 verschiedenen Analysen, 18—20 Proc. dieser der Gährung widerstehenden, die Polarisationsebene stark nach rechts drehenden Substanz.

Hiernach lag die Vermuthung nahe, daß diese unvergährbaren Stoffe der käuflichen Traubenzucker, da sie durch ihr optisches Verhalten genügend charakterisirt sind, ein unzweideutiges Merkmal abgeben könnten, um einen Naturwein von einem mit Traubenzucker gallisirten mit Sicherheit zu unterscheiden. Diese Vermuthung hat sich bis jetzt vollständig bestätigt.

Neubauer hebt zunächst hervor, daß von sämmtlichen Traubenmostsorten, die er seit dem Jahre 1868 in Händen gehabt habe, und diese beziffern sich nach Hunderten, auch nicht eine einzige die Polarisationsebene des Lichtes nach rechts drehte. Bei einem Zuckergehalt von 14 — 20 Proc. fand er durchschnittlich, bei der Untersuchnng im Ventzke-Soleil'schen Apparat, eine Linksdrehung von 5 — 7,8°, was bekanntlich darin seinen Grund hat, daß im Traubenmost der Zucker zum Theil als Dextrose, zum Theil als Levulose enthalten ist und letztere ja durch ein stärkeres Molekulardrehungsvermögen und zwar nach links, ausgezeichnet ist. Läßt man solche Moste mittlerer Jahrgänge vergähren, so resultirt schließlich ein Wein, dessen Drehungsvermögen nahezu 0 ist oder höchstens + 0,1 bis 0,3° rechts beträgt.

Ganz anders stellt sich die Sache bei den Ausleseweinen vorzüglicher Jahrgänge wie 1858, 1861, 1862, 1868 ꝛc. Auch hier zeigt der Most bei einem Zuckergehalte von 26—28 Proc. eine starke Drehung der Polarisationsebene nach links, aber schließlich resultirt nach beendeter Gährung ein Wein, der von zum Theil unvergohren gebliebener Levulose stets eine starke Drehung nach links behält.

Neubauer hat in dieser Richtung 15 verschiedene Ausleseweine aus dem Rheingau und von der Haardt untersucht,

die mit 15—30 Mark pro Flasche bezahlt werden und zu den edelsten Gewächsen dieses Jahrhunderts gehören, aber auch nicht ein einziger zeigte Rechtsdrehung; sämmtliche ohne Ausnahme lenkten, mit einem Zuckergehalt (Levulose) von 4 bis 15 Proc., die Polarisationsebene bei der Untersuchung mit dem Polaristrobometer von Wild in 100 Mm. langer Röhre um — 2,4 bis — 7° nach links ab.

Vergleicht man nun hiermit das optische Verhalten der mit käuflichem Traubenzucker gallisirten Weine, so wird man in allen Fällen, gleichgültig ob noch unvergohrener Zucker vorhanden ist oder nicht, einen verhältnißmäßig hohen Extractgehalt finden, und sämmtliche derartige Weine zeigen, in gleicher Weise untersucht, eine mehr oder weniger starke Rechtsdrehung der Polarisationsebene, die nicht selten bei 100 Mm. langer Schicht 3—5° beträgt und auf Rechnung jener unvergährbaren Substanzen der käuflichen Traubenzucker zu setzen ist.

Wartha*) bemerkt zu den vorstehenden Mittheilungen Neubauers, er habe schon im Jahre 1873 ausgesprochen, daß, wenn ein Wein links polarisire, wenig Wahrscheinlichkeit vorhanden sei, daß ein gallisirter Wein vorliege, während rechts polarisirende Weine unbedingt verdächtig seien, fügt aber hinzu, daß bei Weinen, die mit 15—30 Mark pro Flasche verkauft werden, auch die Fälschung mittelst linksdrehenden, durch Hefe invertirten Rohzuckers rentabel erscheine, welcher bei billigen Weinen des hohen Preises wegen nicht angewendet wurde, daß sonach in theueren Weinen, auch wenn sie die Polarisationsebene nach links drehen, gallisirte Producte sein könnten.

Ueber Erkennung der Farbstoffe, welche zum Färben des Weines benutzt werden, hat R. Stierlein**) eine ausführliche Abhandlung veröffentlicht. Derselbe hat das Verhalten sowohl des Weinfarbstoffs als auch der zum Färben des Weines dienenden Farbstoffe zu verschiedenen Reagentien als Ammoniak und Schwefelammonium, Natriumbicarbonat, Alaunlösung, Bleiessig, Mangansuperoxyd, Bariumsuperoxyd,

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1516.

**) Journ. f. prakt. Chem. 1875. Bd. 11, S. 470 und Dingl. pol. Journ. 1876. B. 217. S. 414.

Zink und Schwefelsäure geprüft, auch das Verhalten des durch Bleiessig hervorgebrachten Niederschlags zu Salzsäure, salzsäurehaltigem Aether, Alkohol, Ammoniak 2c. und das Resultat seiner Beobachtnngen in einer Tabelle zusammengestellt, die indessen zu umfangreich erscheint, um hier wiedergegeben werden zu können.

Herm. W. Vogel*) glaubt durch Beobachtung der Absorptionsspectra, welche rothe Weine im Spectralapparat gaben, fremde Farbstoffe in denselben erkennen zu können und beschreibt zu dem Zwecke die Absorptionsspectra, welche verschiedene Farbstofflösungen liefern.

Hefe. — Das schon früher (B. IV S. 345) beschriebene, zuerst von Ignatz Mautner in St. Marx bei Wien angewendete Verfahren der Preßhefefabrikation (nach welchem man eine eigens behufs der Hefeerzeugung aus gequetschtem Malz, Roggen und Mais hergestellte Maische vergähren läßt, und die an der Oberfläche der Flüssigkeit sich ansammelnde Hefe abschöpft) hat sich zu einem bedeutenden Industriezweige emporgeschwungen, welcher sowohl in Oesterreich-Ungarn, als auch im Norden Deutschlands eine große Verbreitung gefunden hat. Um von der heutigen Ausdehnung desselben einen Begriff zu geben, folgen hier einige statistische Angaben**) über die Menge der erzeugten Preßhefe von A. J. Mautner & Sohn zu St. Marx; dieselbe betrug:

1846	. . .	724	Zollcentner
1852	. . .	3806	"
1862	. . .	11445	"
1872	. . .	31700	"

Die genannte Firma empfing auf der Wiener Ausstellung in Anerkennung ihrer Verdienste um diesen Industriezweig das Ehrendiplom. Vielfach befolgt man behufs Gewinnung von Preßhefe noch ein anderes Verfahren; man bringt nämlich durch Absieben, Auswaschen und Pressen die Bierhefe in eine haltbare, transportfähige Form, in welcher sie, wenn auch nicht für die Zwecke der Bäckerei geeignet, in der Spiritusfabrikation sehr gute Dienste leistet. Bereits hat in Oesterreich diese

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1246.
**) Amtl. Bericht über die Wiener Weltausstell. Bd. I. S. 282.

Fabrikation eine große Ausdehnung erlangt, sodaß der Verkauf der Bierhefe für die Brauereien eine ganz erhebliche Einnahmequelle darstellt, während in anderen Ländern die Bierhefe größtentheils als werthloser Abfall angesehen wird und oft in hohem Grade lästig fällt.

Die Erzeugung von Preßhefe aus Bierhefe ist von J. V. Divis*) näher beschrieben worden. Die gewöhnliche Bierhefe besitzt einen bitteren, unangenehmen Geschmack und Geruch, eine schmutziggelbe Farbe und verdirbt leicht; deshalb eignet sie sich nicht zur Bereitung feiner weißer Backwaren; andererseits macht ihr großer Gehalt an Wasser selbst den Transport in Branntweinbrennereien beschwerlich. Divis hat daher Versuche zur Erzeugung von Preßhefe aus der Bierhefe angestellt und ist dabei zu folgendem Verfahren gelangt. Frische Bierhefe wird mit der 6—8fachen Menge reinen, möglichst kalten Wassers, welchem ein wenig kohlensaures Ammoniak zugesetzt wurde, vermischt, tüchtig umgerührt und dann in einem weiten, jedoch niedrigen Bottiche ruhig stehen gelassen. Die oben sich ansammelnde Flüssigkeit, welche die Verunreinigungen aufgelöst enthält, wird entweder durch vorsichtiges Neigen des Bottiches abgegossen oder durch Oeffnungen in der Wand desselben, welche mit Stopfen verschließbar sind, abgelassen, worauf neuerdings frisches Wasser zugegossen wird. Nach abermaligem Durchrühren wird die verdünnte Hefe in Filterpressen gedrückt. (Auf der Wiener Ausstellung befanden sich hierzu bestimmte Pressen). Der flüssige, schmutzig gefärbte, übelriechende Theil fließt ab, während zwischen den Preßtüchern eine je nach dem Wunsche des Erzeugers mehr oder weniger consistente Hefenmasse zurückbleibt, welche mit wenig Stärkemehl und Malzmehl gemischt und in die Form der Getreidehefe verarbeitet wird, von welcher sie sich fast gar nicht unterscheidet, während sie bedeutend billiger ist. Manche Sorten von Bierhefe setzen sich nur ungemein schwierig ab; in diesem Falle kann nachgeholfen werden mit Stückchen von Eis und größeren Mengen von Wasser oder mit etwas Alaun, den man jedoch erst nach dem ersten Aussüßen in Anwendung bringt. Selbstverständlich muß dann noch zum dritten Male ausge=

*) Wagner's Jahresb. 1874. S. 728.

waschen werden. Merkwürdiger Weise finden die Filterpressen bei den böhmischen Brauern noch wenig Beachtung. Das oben angegebene Reinigungsverfahren wurde von Divis bereits in mehreren Brauereien des nördlichen Böhmens eingeführt und hat sich vollständig bewährt.

Invertin. Mit diesem Namen bezeichnet E. Donath*) den von ihm isolirten, invertirenden Bestandtheil der Hefe. Um denselben aus der Hefe abzuscheiden, wird letztere nach Donath mit Alkohol fast erschöpft, abgepreßt, bei gelinder Temperatur abgetrocknet, mit Wasser zerrieben und ausgelaugt. Die Lauge wird filtrirt, bis sie frei von Hefenzellen ist und mit Aether ausgeschüttelt. Hierbei erhält man in der Aetherschicht eine froschlaichartige Masse, welche durch mehrmaliges Ausschütteln mit Wasser gewaschen und dann in absolutem Alkohol getropft wird, wobei sich weiße Flocken abscheiden, die mit absolutem Alkohol gewaschen und unter der Luftpumpe getrocknet werden. Das so erhaltene pulverige Präparat ist weiß und quillt mit Wasser in hohem Grade auf. Ein sehr geringes Quantum desselben genügt, um in einer Lösung von Rohrzucker schon bei gewöhnlicher Temperatur nach 10—15 Minuten die Inversion desselben zu bewerkstelligen. Gekochte Stärke wird dadurch nicht verändert, eben so wenig Dextrin.

Der Isopropylalkohol $CH(CH_3)_2OH$ (siehe S. 225) wurde neuerdings von G. Wunder in einem Fuselöle aus dem Sprit- nnd Destillationsgeschäft von W. Hahmann in Chemnitz fertig gebildet aufgefunden, und kann aus demselben leicht in größerer Menge gewonnen werden.

Auch die verschiedenen Butylalkohole sind neuerdings mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Barbaglia**) untersuchte den im Handel befindlichen Isobutylalkohol aus der unter der Leitung des Dr. Krämer stehenden Fabrik von Kahlbaum in Berlin und fand, daß dies Product eine Mischung von Isobutylalkohol $C\begin{cases}CH(CH_3)_2\\H_2\\OH\end{cases}$

*) Wagner's Jahresber. 1875. S. 825 u. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 795.

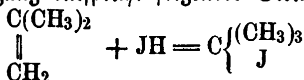
**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 913.

mit verschiedenen fremden Substanzen, wahrscheinlich mit großen Mengen Isopropylalkohol sei. Um aus der Handelswaare einen reinen Isobutylalkohol zu erhalten, verfuhr Barbaglia wie folgt. Der rohe Alkohol wurde mit Aetzkali gesättigt und durch Schwefelkohlenstoff in Kaliumxanthogenat verwandelt. Dieses Salz wurde dreimal aus Aethylalkohol umkrystallisirt, durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt und destillirt; der übergehende Alkohol wurde durch fractionirte Destillation vom Schwefelkohlenstoff getrennt.

Zur Darstellung von Isobutyljodür leitet Butlerow*) in 500 Grm. siedenden Isobutylalkohols gewaschenes Jodwasserstoffgas, welches in einem Kolben durch allmäliges Zufließenlassen von Wasser zu Jodphosphor entwickelt wird. Zu beiden Seiten des Waschkugelapparats sind Sicherheitskugelröhren angebracht. Die entsprechende Menge Jodphosphor wird auf einmal bereitet, indem in einem geräumigen, trocknen Kolben zu 1300 Grm. Jod 100 Grm. weißen Phosphors in großen trocknen Stücken auf einmal gebracht werden. Aus 500 Grm. Alkohol werden 1250 Grm. Jodür erhalten.

Auch zur Darstellung des tertiären, festen Butylalkohols (Trimethylcarbinols) $C\begin{cases}(CH_3)_3\\ OH\end{cases}$ aus Isobutylalkohol hat Butlerow a. a. O. ein abgeändertes und vortheilhafteres Verfahren beschrieben. Er gewinnt zunächst das dem Alkohol entsprechende Jodür, indem er Isobutylen $\begin{matrix}C(CH_3)_2\\ \|\\ CH_2\end{matrix}$ von wässriger Jodwasserstoffsäure (bei + 10° C. gesättigter Lösung) unter beständiger Kühlung absorbiren läßt.

Der Vorgang entspricht folgender Gleichung:



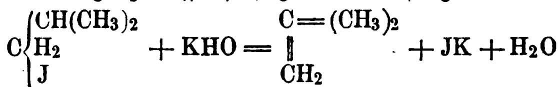
$$\begin{matrix}C(CH_3)_2\\ \|\\ CH_2\end{matrix} + JH = C\begin{cases}(CH_3)_3\\ J\end{cases}$$

Zur Darstellung des Isobutylens werden zwei Theile Isobutyljodür, vier Theile alkoholische Kalilösung (1 Theil Kali und 3 Theile 90procent. Alkohol) und 1 Theil trockenen gepulverten Kalihydrats in einem Kolben mit aufwärtsgerichtetem

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872. S. 561.

Kühler erwärmt. 100 Grm. Jodür geben so 10—11 Liter Butylen (80—90 Proc. der theoretischen Menge).

Der Vorgang entspricht folgender Gleichung:



$$C\begin{cases}CH(CH_3)_2\\H_2\\J\end{cases} + KHO = \begin{matrix}C=(CH_3)_2\\ \Vert \\ CH_2\end{matrix} + JK + H_2O$$

Zur Absorption des Butylens durch die wässrige Jodwasserstoffsäure bedient sich Butlerow des folgenden Apparats. Ein aufrechtstehender Kühler enthält im Innern ein Rohr, das mit grobgestoßenem Glase gefüllt und oben und unten mit Kautschukpfropfen verschlossen ist. Der untere Pfropfen enthält zwei Gaszuleitungsröhren, von denen die für das Butylen bestimmte bis ein Viertel in das gestoßene Glas hineinragt, die andere, für den Abfluß der Säure bestimmte, nur bis zur Oberfläche des Stopfens reicht. Das letztere Rohr ist außerhalb des Kühlers 8 Ctm. lang nach aufwärts gebogen und dann hakenförmig umgebogen. Auf diese Weise bleibt das Rohr stets mit Säure gefüllt und versperrt daher dem Gase den Weg. In dem oberen Pfropfen ist ein Ableitungsrohr eingepaßt und außerdem ein Trichterrohr mit Hahn, durch den die Säure langsam auf das Glas tropft. Man läßt nun das getrocknete Butylen von unten langsam eintreten und sorgt während der Dauer des Versuchs für gute Kühlung. Aus 200 Grm. Isobutyljodür dargestelltes Isobutylen liefert 130 bis 140 Grm. tertiäres Butyljodür, das leicht, z. B. durch Schütteln mit feuchtem Silberoxyd und Wasser, in den tertiären Alkohol übergeführt werden kann.

Wendet man statt der Jodwasserstoffsäure zum Absorbiren des Butylens unter übrigens ganz gleichen Umständen Schwefelsäure (3 Th. engl. Schwefelsäure und 1 Th. Wasser) an, verdünnt die mit Butylen gesättigte Säure sehr stark mit Wasser und destillirt, so erhält man, wie Butlerow schon früher nachgewiesen hat, im Destillat ein verdünntes Trimethylcarbinol, welches sich durch Zusatz von Kaliumcarbonat und wiederholtes Destilliren entwässern läßt. — Bei ungenügender Kühlung entsteht statt des Carbinols Isotributylen, eine bei 173—176° siedende, ölige Flüssigkeit.

Nach Elketoff*) geht das Isobutylbromid beim Erhitzen auf 230—240° in das Bromid des Trimethylcarbinols über.

A. Butlerow**) erhielt das Trimethylcarbinol, indem er flüssiges Jodbutylen (Siedep. — 7 bis — 8°) mit Wasser und etwas Salpetersäure und Weingeist versetzt in zugeschmolzenen Röhren einige Tage gewöhnlicher Temperatur aussetzte. Den Weingeistzusatz hält Butlerow für entbehrlich. Auch bei gleicher Behandlung mit Wasser und Schwefelsäure erfolgte die Umwandlung des Isobutylens in Trimethylcarbinol. Nur wenn der Schwefelsäurezusatz sehr gering war, d. h. auf wenige Tropfen beschränkt wurde, darf zur Beschleunigung der Reaction auf 100° erhitzt werden, da andernfalls Polymerisirung und Bildung von Diisobutylen eintritt.

Der secundäre Butylalkohol (Methyläthylcarbinol) wurde von Kanonnikow und Saytzeff***) durch Einwirkung von Zink auf ein Gemisch von Jodmethyl, Jodäthyl und Ameisensäureäther, und von E. Wagner†) bei der Reaction von Zinkäthyl auf Essigsäureanhydrid erhalten.

Amylalkohole. Von den der Theorie nach (S. 260) möglichen, drei secundären Amylalkoholen waren bisher nur zwei, das Methylpropylcarbinol und das Methylisopropylcarbinol bekannt. E. Wagner und A. Saytzeff††) ist es gelungen, auch das Diäthylcarbinol darzustellen und zwar durch Einwirkung von Zink und Jodäthyl auf den Aethyläther der Ameisensäure. Dasselbe siedet bei 116—117° und giebt bei der Oxydation Diäthylketon $CO\begin{cases}C_2H_5\\C_2H_5\end{cases}$ und dann Essig- und Propionsäure, was für die Structur des Alkohols bestimmend ist.

Aus dem Diäthylcarbinol haben Wagner und Saytzeff*†) das Methylpropylcarbinol dargestellt, indem sie ganz analog verfuhren wie bei der Ueberführung des Isobutylalkohols in Trimethylcarbonal, nämlich aus dem Jodür des Diäthylcar-

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 1258.
**) Liebig's Ann. d. Chem. Bd. 180, S. 245.
***) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874. S. 1650.
†) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1683.
††) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1650.
*†) Ber. d. deutsch. chem Ges. 1875. S. 1682.

binol ein Amylen abschieden und dieses wieder mit Jodwasserstoff verbanden.

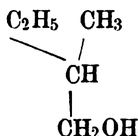
J. Ossipoff*) hat nachgewiesen, daß bei Einwirkung von gewöhnlichem, käuflichen, zwischen 32 und 40° destillirenden Amylen auf Schwefelsäure je nach der Concentration der letzteren zwei verschiedene Amylalkohole, nämlich das secundäre Methylisopropylcarbinol und das tertiäre Dimethyläthylcarbinol entstehen können. Eine Säure von 1,545 spec. Gew. bei 20° (2 Gewichtstheile englische Schwefelsäure und 1 Gewichtstheil Wasser) lieferten das von Wurtz und Kolbe beschriebene, bei 102—105° siedende, bei —30° noch nicht erstarrende, secundäre Methylisopropylcarbinol (Amylenhydrat), während bei Anwendung einer concentrirten Schwefelsäure von dem spec. Gew. 1,67 bei 20° (Mischung von 2 Volum. engl. Schwefelsäure mit 1 Volum Wasser) der tertiäre Amylalkohol (das bei —21° erstarrende, bei circa 97° siedende Dimethyläthylcarbinol) erhalten wurde. Die Einwirkung des Amylens auf die Schwefelsäure erfolgte in beiden Fällen bei niederer Temperatur; der die Schwefelsäure enthaltende Kolben befand sich in einer aus Eis und Kochsalz hergestellten Kältemischung und das Amylen wurde sehr allmälig und tropfenweise eingegossen. Nach beendigter Reaction wurde eine auf der Säure schwimmende, aus Amylwasserstoff, unverändertem Amylen und Diamylen bestehende, ölige Schicht entfernt, die Säure mit dem gleichen Vol. Wasser versetzt und destillirt. Das Destillat enthielt den Alkohol, der zuerst durch Kaliumcarbonat, zuletzt durch wasserfreien Baryt entwässert wurde.

Die Structurformeln der theoretisch möglich erscheinenden vier primären Amylalkohole sind oben (S. 260) aufgeführt worden. Man darf mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, daß der von Lieben und Rossi**) aus dem normalen Butylcyanür dargestellte Amylalkohol der normale $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$ ist und daß der gewöhnliche Gährungsamylalkohol als isobutylirtes Carbinol $\frac{CH_3}{CH_3}{>}CH-CH_2-CH_2OH$ anzusprechen ist, da die aus ihm hergestellte inactive Valeriansäure mit der aus

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875. S. 1240.
**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870. S. 915.

dem Isobutylcyanür zu gewinnenden identisch ist, und das aus ihm dargestellte Amylen bei der Oxydation Aceton liefert, wie Erlenmeyer*) nachgewiesen hat. Minder sicher ist festgestellt, auf welchem Wege man zu den übrigen noch möglich erscheinenden primären Alkoholen gelangt.

Le Bel**) schreibt dem im gewöhnlichen Gährungsamylalkohol in geringer Menge auftretenden, activen (die Polarisationsebene links drehenden) Amylalkohol die Formel



zu, da diese Formel nach der van t'Hoffschen Theorie (S 265.) eine Erklärung des Rotationsvermögens zulassen würde. Letzteres würde nämlich durch ein asymetrisches Kohlenstoffatom bedingt sein. In der That erscheint das Kohlenstoffatom der Gruppe CH mit den vier verschiedenen Gruppen CH_3, C_2H_5, H und CH_2OH vereinigt. Le Bel macht darauf aufmerksam, daß die meisten Derivate des activen Amylalkohols, welche noch das asymetrische Kohlenstoffatom enthalten, wie das Jodür des Alkohols, das Rotationsvermögen beibehalten, zeigt aber durch den Versuch, daß das Rotationsvermögen verschwindet, wenn das asymetrische Kohlenstoffatom in ein nicht asymetrisches übergeführt wird, was z. B. bei der Ueberführung des Alkohols in Methylamyl statt hat. In letzterer Verbindung ist der Kohlenstoff der Gruppe CH nur noch mit drei verschiedenen Gruppen (C_2H_5, CH_3 und H) verbunden und sie ist inactiv. In gleicher Weise erhielt Le Bel durch Behandeln des activen Jodürs mit alkoholischem Kali ein neues inactives Amylen $\begin{matrix}CH_3\\C_2H_5\end{matrix}\!>\!C=CH_2$, dessen Siedepunkt = 31—32°, während das gewöhnliche bei 36° und das

*) Ann. der Chem. u. Pharm. Supp. 5. S. 337, und Ber. d. deut. chem. Ges. 1875. S. 899.

**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876. S. 732.

Flavitzky'sche bei 25° siedet. Le Bel erblickt in diesen Thatsachen eine fernere Stütze der van 't Hoff'schen Theorie.

Das von Pasteur beschriebene Verfahren, den activen Amylalkohol aus dem Gährungsamylalkohol zu isoliren (Ueberführung der Alkohole in Amylschwefelsäure und Trennung der Barytsalze derselben durch fractionirte Krystallisation) giebt nach Le Bel und auch nach Ley*) nicht vollkommen befriedigende Resultate. Le Bel**) beschreibt indessen ein anderes Verfahren, das besser zum Ziele führen soll. Er beobachtete, daß der active und inactive Alkohol sich ungleich leicht durch Salzsäure ätherificiren, daß letzterer leichter und folglich zuerst angegriffen wird. Erhitzt man daher den käuflichen Alkohol mit concentrirter Salzsäure auf 100° oder sättigt man den Alkohol mit Salzsäure und erhitzt ihn auf dieselbe Temperatur, so wird der inactive Alkohol in Chloramyl verwandelt, während der active Alkohol größtentheils unangegriffen bleibt. Man trennt alsdann Chloramyl und Alkohol durch Destillation und behandelt diesen von Neuem mit Salzsäure. Nach mehrmaligem Wiederholen dieses Verfahrens ist es Le Bel gelungen, einen Alkohol darzustellen, der die Polarisationsebene um 22° 5, für 50 Ctm. dreht; Pasteur hat für seinen activen Amylalkohol ungefähr 20° gefunden. Dieser Alkohol siedet bei ungefähr 127°, sein Chlorid bei 97°. Er enthält noch eine gewisse Menge inactiven Alkohols; denn sein Jodid, welches die Polarisationsebene um 4° 7′ für 10 Ctm. dreht, läßt sich durch häufig wiederholtes Fractioniren in gewöhnliches Amyljodid und ein bei 144—145° siedendes Amyljodid, das ein viel größeres Rotationsvermögen (8° 40′ für 10 Ctm.) besitzt, zerlegen.

Daß verschiedene Reagentien das Rotationsvermögen des activen Amylalkohols zerstören, findet mehrfach Bestätigung.***) Die Richtigkeit der Beobachtungen Bakhoven's, welcher aus dem Fuselöl einen rechtsdrehenden Amylalkohol isolirt zu haben glaubt, wird von Le Bel†) bestritten.

Noch sei bemerkt, daß zufolge der van 't Hoff'schen

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 1362.
**) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873. S. 1315.
***) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874. S. 825.
†) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876. S. 358.

Anschauung 5 primäre Alkohole als existenzfähig erscheinen müßten, da die obige, ein asymetrisches Kohlenstoffatom aufweisende Formel, zwei durch die optischen Eigenschaften sich unterscheidenden Alkoholen zukommen müßte.

Diagnose primärer, secundärer und tertiärer Alkoholradicale durch Farbenreaction. Wie man sich von der primären, secundären oder tertiären Natur eines einwerthigen Alkohols durch die Untersuchung seiner Oxydationsprodukte überzeugen kann ist bereits oben (S. 257) besprochen worden. In Anschluß an obige Mittheilungen sei noch bemerkt, daß Meyer und Lochner*) unter dem Namen Nitrolsäuren und Pseudonitrole neue Körperklassen beschrieben haben, welche ein sehr bequemes Mittel an die Hand geben, die primären, secundären und tertiären Alkoholradicale durch sehr auffallende Farbenreactionen zu unterscheiden, ähnlich wie man nach A. W. Hofmann bei den Aminen die Zahl der mit dem Stickstoff verbundenen Radicale durch charakteristische Geruchsreactionen zu bestimmen gewohnt ist. Handelt es sich darum, zu entscheiden, ob ein Jodür der Reihe CnH2n + 1J ein primäres, secundäres oder tertiäres Alkoholradical enthält, so braucht man dasselbe nur mit Silbernitrit zu destilliren und das Destillat mit Kali und salpetriger Säure zu behandeln. Erhält man hierbei eine Rothfärbung (Nitrolsäurebildung), so liegt sicher ein primäres, erhält man (namentlich auf Chloroformzusatz) eine Blaufärbung, so liegt ein secundäres Alkoholradical vor; das Ausbleiben einer jeden Färbung endlich beweist, daß das vorliegende Alkoholradical ein tertiäres ist. — Bei der großen Leichtigkeit, mit welcher sich Alkohole in Jodüre und diese wiederum in Nitrokörper umwandeln lassen, lag der Gedanke nahe, daß sich die beobachteten Farbenerscheinungen mit Vortheil würden benutzen lassen, um noch mit sehr kleinen Mengen die primären, secundären und tertiären Jodüre und somit auch die Alkohole zu unterscheiden, zumal für das Hervorrufen jener Reactionen die Reindarstellung des Nitrokörpers unnöthig ist. Meyer und Lochner haben in der That gefunden, daß eine Menge von 0,3 bis 0,5 Grm. eines Jodürs

---

*) Liebig's Annalen 1876, Bd. 180, S. 139.

$C_nH_{2n} + 1J$ genügt, um mit aller Schärfe zu entscheiden, ob es der primären, secundären oder tertiären Reihe angehört.

Bei den kohlenstoffärmeren Jodüren (der Methyl- bis zur Propylreihe) bei welchen die Umwandlung in Nitrokörper sehr glatt geht, genügen 0,3 Grm. zur Herstellung der charakteristischen Farbe vollkommen. Bei den kohlenstoffreicheren, namentlich den secundären und tertiären, bei welchen neben der Bildung des Nitrokörpers stets erhebliche Abspaltung von Alkylenen C_nH_{2n} (Butylen u. s. w.) statt hat, ist 0,5 Grm. Jodür erforderlich. Für die Ausführung des Versuchs haben Meyer und Locher folgendes Verfahren zweckmäßig befunden. In ein Destillirkölbchen von wenigen Cubikcentimetern Inhalt mit seitlich angeblasenem, etwa 4 bis 5 Zoll langem Rohr bringt man eine kleine Menge trockenes Silbernitrit (das Doppelte vom Gewicht des Jodürs) das man mit seinem gleichen Volum feinen weißen Sandes innig verrieben hat. Man fügt nun das Jodür hinzu, wartet einige Augenblicke, bis die von lebhafter Wärmeentwickelung begleitete Reaction eingetreten, destillirt darauf über freier Flamme ohne Kühler ab und fängt das Destillat in einem langen Proberöhrchen auf. Man erhält ein aus mehreren Tropfen bestehendes Destillat, welches die charakteristischen Reactionen mit größter Schärfe zeigt.

Zweiwerthige Alkohole (Glycole).

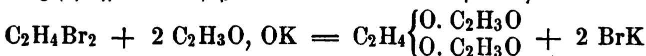
Unter zweiwerthigen Alkoholen oder Glycolen versteht man, wie schon bemerkt diejenigen Verbindungen, die sich von den gesättigten Kohlenwasserstoffen durch Vertretung zweier Wasserstoffatome durch zwei Wasserreste ableiten lassen. Ihnen kommt sonach die allgemeine Formel $C_nH_{2n}(OH)_2$ zu. Da man überhaupt keinen mehrwerthigen Alkohol kennt, der mehr Wasserreste als Kohlenstoffatome enthält, so glaubt man annehmen zu dürfen, daß sich an ein Kohlenstoffatom immer nur ein Wasserrest anlagern könne. Hiernach würde ein von dem Sumpfgas sich ableitendes Methylenglycol $CH_2(OH)_2$ als nicht existenzfähig erscheinen, und es seine Erklärung finden, daß alle Bemühungen, diesen Körper darzustellen, erfolglos blieben. Das erste bekannte Glied der Reihe der Glycole ist das von Wurtz entdeckte

Aethylglycol (=Aethylenalkohol) $C_2H_4(OH)_2$. Für diese auch katherogen Glycol genannte Verbindung ist, unter der Voraussetzung, daß sich an je ein Kohlenstoffatom nur je ein Wasserrest anlagern kann nur eine Bindungsform möglich, nämlich entsprechend der Formel

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH. \end{array}$$

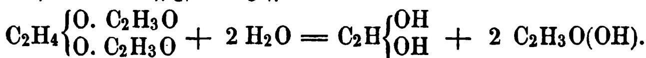
Man kennt in der That nur ein, nicht mehrere isomere Aethylenglycole.

Die von dem Entdecker des Glycols angegebene Methode seiner Darstellung leidet, wie bekannt, an mancherlei Uebelständen und liefert eine wenig befriedigende Ausbeute. Bessere Resultate giebt das Verfahren von Atkinson*). Derselbe stellte zunächst durch Erhitzen von 60 Grm. Aethylenbromür 60 Grm. Kaliumacetat und 120 Grm. Weingeist von 85 Proc. in geschlossenen Gefäßen das Acetat des Glycols her



$$C_2H_4Br_2 + 2\ C_2H_3O, OK = C_2H_4\begin{cases} O.\ C_2H_3O \\ O.\ C_2H_3O \end{cases} + 2\ BrK$$

Das Acetat kann entweder durch Erhitzen mit Kalihydrat, oder nach Debus**) besser durch bloses Erhitzen mit Wasser in Glycol und Essigsäure gespalten werden



$$C_2H_4\begin{cases} O.\ C_2H_3O \\ O.\ C_2H_3O \end{cases} + 2\ H_2O = C_2H\begin{cases} OH \\ OH \end{cases} + 2\ C_2H_3O(OH).$$

Allein auch dieses Verfahren ist nicht so vortheilhaft, daß sich nicht der Wunsch nach einem bequemeren und ergiebigeren geltend machen sollte. Daher haben in neuerer Zeit Demole***), ferner Zeller und Hüfner†) und O. Lietzenmayer††) Versuche bezüglich der Vervollkommnung der Darstellungsmethoden des Glycols angestellt. Weder Zeller noch Griffith-Abbot noch Lietzenmayer gelang es, nach dem von Demole beschriebenen Verfahren Glycol zu erhalten, dagegen sind die Angaben von Zeller und Hüfner durch Lietzenmayer bestätigt worden. Nach letzterem verfährt man am zweckmäßigsten wie folgt:

*) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1859, Bd. 109, S. 232.
**) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1859, Bd. 110, S. 317.
***) Ber. d. d. chem. Ges. 1874, Bd. 7, S. 641 u. 1567.
†) Journ. f. prakt. Chem. N. F. B. 10, S. 268 u. 270 u. Bd. 11, S. 281.
††) Liebig's Ann. d. Chem. 1876, Bd. 180, S. 282.

28*

50 Grm. Aethylenbromid werden mit 40 Grm. Kaliumcarbonat und 160 Grm. Wasser 18 Stunden lang in einem Kolben am Rückflußkühler gekocht. Nach dieser Zeit ist das Aethylenbromid bis auf einen geringen Rest verschwunden.

Durch fractionirte Destillation erhält man gegen 8 Grm. reinen Glycol, während der Rückstand aus nur ganz wenig Kaliumcarbonat enthaltendem Bromkalium besteht. Der Theorie nach sollte freilich eine Ausbeute von 1/3 des angewendeten Aethylenbromids erwartet werden. Immerhin unterscheidet sich das neue Verfahren durch seine Einfachheit und bezüglich der Ausbeute vortheilhaft von dem älteren. Sehr wesentlich soll das Gelingen der Reaction von dem richtigen Wasserzusatze abhängig sein. Auffallend erscheint die Angabe Lietzenmayer's, daß er während des Verlaufs der Reaction eine Kohlensäureentwicklung nicht beobachten konnte, da das während des Kochens sich entwickelnde Gas Kalkwasser nicht im Geringsten trübte.

Von anderen Glycolen wurden in letzter Zeit ein neues Butylglycol und ein neues Amylglycol dargestellt. Das Butylglycol erhielten N. Grabowsky und L. Sayzeff*) aus dem mittelst normalen Butylalkohols dargestellten Brombutylen. Der Siedepunkt dieses Brombutylens wurde bei 164 bis 165° C., der des daraus gewonnenen Glycols bei 191 bis 192° C. gefunden. Letzterer gab bei der Oxydation mittelst Salpetersäure Glycolsäure und Glyoxylsäure, nicht aber, oder nur in sehr geringer Menge Alphaoxybuttersäure. Das Amylglycol stellten E. Wagner und Sayzeff**) aus dem mittelst Diäthylcarbinols bereiteten Bromamylen her. Dieses bei 187,5° C. siedende Amylglycol liefert durch Oxydation neben anderen Produkten Alphaoxybuttersäure und Ameisensäure und dürfte daher durch die Formel $CH_3 . CH_2 . CH(OH) CH(OH)CH_3$ auszudrücken sein, wonach dem entsprechenden Amylen die Formel $CH_3 . CH_2 . CH : CH . CH_3$ zukommen würde.

Um den Umfang dieses Bandes nicht über die bisher üblichen Grenzen auszudehnen, möge in dem Folgenden nur

*) Berichte d. deut. chem. Ges. 1875, S. 1862.
**) Ebendaselbst.

noch eine Verbindung specieller in Betracht gezogen werden, welche in letzter Zeit vielfach das Interesse der Chemiker und Nicht-Chemiker erregt hat, und welche wohl berufen sein dürfte, eine industrielle Bedeutung zu erlangen. Es ist dies:

Das Vanillin *).

Mit diesem Namen hat man denjenigen Stoff belegt, welchem die Vanilleschote ihren hochgeschätzten, balsamischen Geruch verdankt. Die Vanilleschoten sind die etwa 19 Ctm. langen federkieldicken Samenkapseln von Epidendron vanilla, einem Schmarotzerstrauche des tropischen Amerikas. Das natürliche Vanillin durchtränkt die Schalen der Schoten und ist zum Theil an deren Außenfläche in Form glänzender, weißer nadelförmiger Krystalle ausgeblüht, durch deren Abtrennung der Riechstoff leicht, aber nur in sehr kleiner Menge gewonnen werden kann. Derselbe war schon mehrmals Gegenstand wissenschaftlicher, aber ohne bestimmtes Resultat gebliebener Untersuchungen; erst durch die 1872 veröffentlichten Untersuchungen von Carles wurde die empirische Formel, der Schmelzpunkt, die äußeren Eigenschaften, sowie das chemische Verhalten des Vanillins bezüglich der Bildung von Salzen, Brom- und Jod-Substitutionsprodukten festgestellt. Auch A. W. Hofmann hatte kurz vorher bei der Untersuchung des natürlichen Vanillins Resultate erhalten, wodurch die Angaben von Carles gestützt wurden. Es war aber dem Letzteren nicht gelungen, die chemischen Beziehungen des Vanillins zu anderen bekannten Kohlenstoffverbindungen aufzuklären; erst nachdem von Ferd. Tiemann und Wilh. Haarmann, Schülern Hofmanns, ein dem natürlichen Vanillin völlig gleicher Stoff aus einem anderen Naturprodukte, dem Coniferin, dargestellt worden war **), wurden auch die alsbald vorgenommenen eingehenden Untersuchungen dieses künstlichen Vanillins durch genannte Forscher und deren Mitarbeiter mit Erfolg gekrönt bezüglich der völligen Klarstellung der chemischen Natur des Stoffes, so

*) Herr Gustav Merz hatte die Güte die folgenden Notizen über das Vanillin für das Jahrbuch der Erfindungen zusammenzustellen.

**) Ber. d. d. chem. Ges. 1874, S. 608.

daß hierdurch sogar die Aussicht auf eine rein synthetische Darstellung des Vanillins eröffnet worden ist.

Das der bereits fabrikmäßig betriebenen Darstellung von künstlichen Vanillin zu Grunde liegende Rohmaterial ist das Coniferin, ein im Cambialsafte der Coniferen reichlich vorhandenes Glycosid. 1861 wurde dasselbe von Th. Hartig zuerst aufgefunden und zwar im Cambialsafte von Larix europaea. Kubel, welcher diesen Stoff zuerst untersuchte, erhielt ihn schließlich aus allen Nadelhölzern und änderte deshalb die früheren Namen desselben, Laricin und Abietin in den jetzigen um. Kubel, dessen Untersuchungen 1866 veröffentlicht wurden, stellte das Coniferin zuerst chemisch rein dar und charakterisirte dasselbe als ein stickstofffreies Glycosid von der Formel $C_{24}H_{32}O_{12} + 3aq$. Er spaltete daraus durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure Traubenzucker ab, erhielt aber als zweites Produkt nur eine harzartige, zur Analyse nicht geeignete Substanz. Er betont das Auftreten eines Vanillegeruches beim Kochen dieser Substanz mit verdünnter Schwefelsäure.

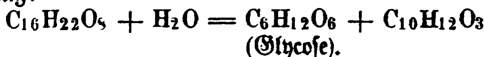
Die von Kubel nicht weiter geführte Untersuchung wurde zunächst mit dem von ihm gesammelten Coniferin durch Tiemann und Haarmann weiter fortgesetzt, aber erst die Benutzung einer im Sommer 1873 gewonnenen größeren Menge von 2½ Kgr. Coniferin ermöglichte den Letztgenannten die oben genannten schönen Entdeckungen.

Die schon von Hartig angewandte Art, das Coniferin zu gewinnen, ist folgende. Die zur Zeit der Holzbildung, Mitte Mai bis Mitte Juli, gefällten Stämme von Nadelhölzern (Fichten, Tannen, Lärchen, Kiefern, Weymuthskiefern) werden zersägt und von Rinde uud Bast entkleidet, worauf sogleich die jungen, von Saft strotzenden Holzfasern mittels Glasscherben von den schon fester gewordenen Holzlagen getrennt werden. Das in untergestellten Gefäßen aufgefangene Abschabsel preßt man durch feine Tücher aus, um den Saft sofort aufzukochen und nach dem Gerinnen des Eiweißes zu filtriren. Das Filtrat wird auf ⅕ seines Volumens eingedampft, worauf beim Erkalten das Coniferin in braungelben Krystallen anschießt, während eine Zuckerart, Pinit, in der syrupartigen Mutterlauge bleibt. Durch Abscheidung der letzteren

und wiederholtes Umkrystallisiren der rohen Masse unter Verwendung von Thierkohle, oder auch von Ammoniak und Bleizucker, wodurch nur harzartige und färbende Beimengungen ausgefällt werden, läßt sich das Coniferin rein darstellen. Es ist in Wasser, so wie in Alkohol wenig, in der Hitze reichlicher löslich, in Aether unlöslich; sein Geschmack ist schwach bitter. Aus erkaltenden Lösungen krystallisirt es in farblosen, atlasglänzenden, scharf zugespitzten oft stern- oder rosettenförmig gruppirten Nadeln; es schmilzt bei 185° und ist nicht unzersetzt flüchtig. Seine Formel ist $C_{16}H_{22}O_8 + 2aq$ (nach Tiemann) und es verliert das Krystallwasser langsam schon an der Luft, schnell bei 100°. Schon von Hartig und Kubel wurden folgende Reactionen zur Auffindung des Coniferins benutzt. Durch concentrirte Schwefelsäure wird es zunächst dunkelviolett gefärbt und hierauf geht es mit rother Farbe in Lösung; aus letzterer scheidet sich beim Verdünnen mit Wasser ein indigblaues Harz aus. Ferner nimmt es, mit Phenol und concentrirter Schwefelsäure befeuchtet, nach kurzer Zeit, im Sonnenlicht fast augenblicklich, eine intensiv blaue Farbe an. Auf dieser sehr empfindlichen Reaction beruht auch die schon seit langer Zeit bekannte Nachweisung des Phenols (Fichtenholzreaction), nämlich durch Befeuchten eines Fichtenspahnes mit der auf Phenol zu prüfenden und mit concentrirter Salzsäure gemischten Substanz, worauf bei Anwesenheit von Phenol eine Blaufärbung eintritt.

Für die Feststellung der chemischen Constitution des Coniferins kam zunächst alles darauf an, den Proceß näher kennen zu lernen, durch welchen das Glycosid gespalten wird. Bekanntlich begreift man unter dem Namen Glycoside solche meist natürlich vorkommende, äther- oder esterartige Derivate der Zuckerarten, namentlich des Traubenzuckers (Glycose), welche durch Einwirkung verdünnter Mineralsäuren und gewisser fermentartig wirkender organischer Stoffe unter Mitzersetzung von Wasser in die betreffende Zuckerart und meist nur eine einzige andere Verbindung gespalten werden. Während die Glycoside selbst nicht auf eine alkalische Kupferlösung wirken, läßt sich nach der Spaltung derselben der entstandene Zucker durch die Ausscheidung von Kupferoxydul erkennen. Wie erwähnt, zerfällt auch das Coniferinmolekül beim Kochen mit verdünnter

Schwefel- oder Salzsäure in Traubenzucker und ein harzartiges Spaltungsprodukt; wird aber die Spaltung durch das albuminoide Ferment Emulsin bewirkt, so tritt statt des harzartigen ein wohl krystallisirtes Spaltungprodukt auf. Das reine Coniferin läßt man mit der 10fachen Menge Wasser und 0,4 bis 0,6 Proc. trocknem, aus süßen Mandeln dargestelltem Emulsin bei 25 bis 36° 6—8 Tage lang stehen. Nach Beendigung der Gährung entzieht man der Flüssigkeit das zum größten Theil auskrystallisirte Spaltungsprodukt durch Ausschütteln mit Aether, nach dessen Verdampfung es in weißen prismatischen Krystallen zurückbleibt. Aus der mit Aether extrahirten wässrigen Lösung kann man nach Entfernung des Emulsins den Traubenzucker darstellen. Das reine krystallisirte Spaltungsprodukt schmilzt bei 73 bis 74°, ist leicht löslich in Aether, fast unlöslich in kaltem Wasser und hat die Formel $C_{10}H_{12}O_3$. Da außer demselben und Traubenzucker keine weiteren Produkte entstehen, so entspricht die Spaltung des Coniferins folgender Gleichung:



$$C_{16}H_{22}O_8 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_{10}H_{12}O_3$$
(Glycose).

Schon durch gelinde Einwirkung verdünnter Säuren verwandelt sich das krystallisirte Spaltungsprodukt in die oben erwähnte harzartige Substanz; da nun beide Stoffe gleiche procentige Zusammensetzung haben und auch beide in verdünnter Natronlauge reichlicher, als in Wasser, löslich sind, so läßt sich annehmen, daß die Wirkung der verdünnten Säure bei der Spaltung des Coniferins von der Wirkung des Emulsins nur dadurch verschieden wird, daß die Säure nebenbei noch polymerisirend auf das krystallinische Produkt wirkt.

Schon beim Aufbewahren, noch mehr aber beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure und am deutlichsten bei der Behandlung mit einer Mischung von verdünnter Schwefelsäure und Chromsäure entwickelt das harzartige, besser aber das krystallinische Spaltungsprodukt den Geruch nach Vanille. Wenn man eine Mischung des letzteren mit einer Lösung von Kaliumdichromat und Schwefelsäure destillirt, so entwickelt sich anfänglich Aethylaldehyd, später aber destillirt eine saure Substanz über, welche sich aus dem Destillate durch Ausschütteln mit Aether und Abdampfen des letzteren krystallisirt erhalten läßt.

Diese prachtvollen, farblosen, meist sternförmig gruppirten Nadeln zeigen den Geruch und Geschmack der Vanille im hohen Grade, sie sind das künstliche Vanillin. Weil das kryst. Spaltungsprodukt hierbei zuerst verharzt und in dieser Form nur wenig angegriffen wird, so ist die Ausbeute an Vanillin nicht hoch; weit vortheilhafter ist die Darstellung des letzteren direct aus dem Coniferin. Zu diesem Zwecke läßt man eine wässrige Coniferinlösung langsam in das erwähnte warme Oxydationsgemisch einfließen und erhitzt man das Ganze mehrere Stunden lang am Rückflußkühler. Aus der erkalteten filtrirten Flüssigkeit wird durch Ausschütteln mit Aether und Verdampfen desselben das Vanillin gewonnen, welches nur einer Reinigung durch Umkrystallisiren aus Wasser unter Anwendung von Thierkohle bedarf.

Das reine Vanillin schmilzt bei 80—81°, verflüchtigt sich beim vorsichtigen Erhitzen unzersetzt, und ist leicht in Aether und Alkohol, wenig in kaltem, leichter in heißem Wasser löslich. Es hat die Formel $C_8H_8O_3$ (Carles und Tiemann). Es reagirt in Lösung stark sauer und giebt mit Basen wohl charakterisirte Salze der Formel $C_8H_7RO_3$, wobei R ein einatomiges Metall bedeutet.

Eine ammoniakalische Silberlösung wird in der Wärme durch Vanillin sofort reducirt.

Die gründlichsten Untersuchungen des natürlichen und des künstlichen Vanillins haben die völlige Identität beider Produkte ergeben.

Diese Darstellung des Vanillins ist 1874 den Entdeckern in Preußen patentirt worden und es wird dieselbe seitdem in der Fabrik von Dr. Wilh. Haarmann in Holzminden im Großen ausgeführt. Nach einer Angabe Hartigs wird das hierzu nöthige Coniferin aus thüringischen Fichtenwäldern bezogen und es hat sich der junge Industriezweig schon ziemlich blühend entwickelt. Der Saft eines mittelgroßen Baumes soll ein Quantum Vanillin liefern, dessen jetziger Werth 80 Mark beträgt; die Qualität des Holzes wird nicht beschädigt. Nach einer neueren Mittheilung Hartigs sind auch die Bastschichten reich an Coniferin und es würde die Gewinnung desselben aus der Rinde ein Fortschritt von großer Wichtigkeit sein, da durch die Entrindung stehender Bäume (Abwelken) die sowohl Dauer

als Heizwerth schädigende Fällung der Bäume in der Saftzeit vermieden werden könnte.

Bei der Einführung des Vanillins in die Industrie mußte vor Allem der Werth desselben festgestellt werden. Da anzunehmen war, daß der Werth der Vanille in deren Gehalt an Vanillin beruhe, so mußte ein Weg gefunden werden, um die im Handel befindlichen Vanillesorten in dieser Richtung zu prüfen. Anfänglich begnügte man sich mit einem empirischen Verfahren, den Vanillingehalt der Vanillesorten zu erschließen aus dem Verhältniß der Mengen von reinem Vanillin und Vanille, welche beim Würzen von Speisen, sowie bei der Bereitung von Parfüm gleiche Wirkung auf den Geschmack und Geruch hervorbringen. Die hierbei erhaltenen Resultate erfahrener und geübter Praktiker wichen aber trotz der peinlichsten Sorgfalt der Ausführung auf das Erheblichste von einander ab; es wurde die Wirkung des Vanillins gleich der einer 5 bis 500 fachen Menge mexicanischer Vanille geschätzt. Nachdem sich dieser empirische Weg in Folge der zu geringen und trotz anscheinend gleicher Bedingungen nicht genügend gleichmäßigen Empfindlichkeit der Geruchs- und Geschmacksnerven als ganz unzuverlässig erwiesen hatte, gelang es Tiemann und Haarmann*) ein wissenschaftlich genaues quantitatives Untersuchungsverfahren aufzufinden, durch welches die wichtige Frage, welchen Werth man bisher dem Vanillearoma beigelegt, welchen Preis man dafür bezahlt habe, bestimmt beantwortet werden konnte. Es galt, das in der Vanille enthaltene Vanillin wägbar zu isoliren. Dieses Verfahren der Vanillinbestimmung gründet sich auf die Leichtlöslichkeit des Vanillins in Aether und auf die Aldehydnatur des Vanillins, nämlich auf die Eigenschaft der Aldehyde, mit sauren, schwefligsauren Alkalien krystallisirbare, in Aether unlösliche Verbindungen einzugehen, welche sich durch verdünnte Schwefelsäure unter Freiwerden des Aldehyds wieder zersetzen lassen. Hierbei mußte allerdings erst die Ueberzeugung gewonnen werden, daß von allen den Bestandtheilen der Vanille, welche durch Aether ausgezogen werden, außer dem Vanillin keiner die genannte Eigenschaft der Aldehyde besitzt. Das Bestimmungsverfahren ist kurz folgendes.

---

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875, S. 1115.

Man laugt 30 bis 50 Grm. feingeschnittene Vanille wiederholt mit größeren Mengen Aether aus, bis sich die Schoten frei von Geruch und Geschmack erweisen. Der gesammte Aetherauszug wird auf ein kleineres Volumen gebracht und nun mit einer concentrirten Lösung von Natriumhydrosulfit geschüttelt; hierbei geht das Vanillin mit dem letzteren eine in Wasser lösliche Bebindung ein, während im Aether die übrigen extrahirten Bestandtheile der Vanille verbleiben. Nach völliger Beseitigung der ätherischen Lösung wird die vanillinhaltige Verbindung in einem passend eingerichteten Apparat mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt, und nachdem die frei gewordene schweflige Säure völlig ausgetrieben ist, nimmt man das in der Lösung verbliebene Vanillin wieder in Aether auf und erhält es nach dem Verdampfen des letzteren in reiner, wägbarer Form.

Die Zuverlässigkeit dieses Bestimmungsverfahrens wurde an gewogenen Mengen reinen Vanillins festgestellt. Mittelst desselben fand man nun in bester mexicanischer Vanille (à Kilo 208 Mark) 1,69 Proc., in Bourbonvanille (à Kilo 102 Mark) 2,48 Proc. und in Javavanille (à Kilo 168 Mark) 2,75 Proc. Vanillin. Außer diesen im Handel am meisten geschätzten Sorten wurden noch viele andere, auch weniger gute und Vanilleextract untersucht, und es läßt sich hiernach bestimmt sagen, daß der Gehalt wirklich guter Vanillesorten an Vanillin zwischen 1,5 und 2,5 Proc. schwankt. Es ist nun nicht uninteressant, diese Daten mit den Preisen zusammenzustellen, welche für das Vanillearoma bezahlt werden.

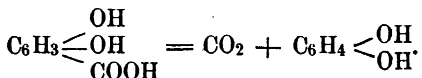
Nach den angegebenen Pariser Marktpreisen und wenn der Gehalt der Vanille im großen Durchschnitt zu 2 Proc. angenommen wird, stellen sich nämlich die Kosten für 1 Grm. Vanillin in mexicanischer V. zu 12,30 Mark, in Bourbon-V. zu 7,74 Mark, in Java-V. zu 6,10 Mark Die auffällige Thatsache, daß die Bourbon- und Java-Vanillen, obgleich billiger, doch reicher an Vanillin, als die höher geschätzte mexicanische V. sind, findet ihre Erklärung in folgender Beobachtung. Verdampft man den vom Vanillin befreiten ätherischen Auszug der Vanilleschoten zur Trockne, so hinterbleibt ein gelbes, wiederlich riechendes, fade schmeckendes Oel, welches später erstarrt. Von diesem übelriechenden Stoffe findet

sich nun in Bourbon- und Java-V. mehr, als in der mexicanischen, und so zeigt es sich, daß das Vanillearoma nicht allein nach der Stärke, sondern auch nach der Reinheit geschätzt wird. Von besonderer Reinheit ist dasselbe aber in der Parfümerie nöthig, während beim Würzen der Speisen die in Wasser wenig lösliche und nur schwach schmeckende Beimengung weniger störend sein wird, sodaß Chocoladenfabriken und Conditoreien sich wohl mit größerem Vortheil der Bourbon- und Java-V. bedienen werden. Unter den billigen Sorten giebt es solche, welche äußerst wenig oder kein Vanillin enthalten, oft auch mit Benzoe oder sonst wie verfälschte, sodaß in den billigeren Sorten das Vanillearoma im Allgemeinen am theuersten bezahlt wird. In der letzten Zeit sind übrigens die Vanillepreise durch die Spekulation der Exporthäuser sehr bedeutend emporgeschraubt worden, und dieser Umstand wird, neben der völligen Reinheit und der gleichbleibenden Zusammensetzung des künstlichen Vanillins nicht wenig zum schnellen Beliebtwerden des neuen Produktes beitragen. (Durch die letzthin aus Südamerika eingeführte „wilde Vanille" sollen Vergiftungen mit Vanilleeis vorgekommen sein). Nach einer gefälligen Mittheilung der Herren Gehe und Co. in Dresden ist der Handelspreis des Haarmann'schen Vanillins, je nach Größe des bezogenen Quantums, 5 bis 6 Mark pro 1 Grm., und es gilt für den Gebrauch als Anhalt, daß der reine Stoff in Gewürz- und Parfümwerth dem 50fachen Quantum guter Vanille entspricht.

Hinsichtlich der chemischen Constitution und der Beziehungen des Coniferins und der daraus darstellbaren Verbindungen zu einander und zu anderen, seien aus den bisherigen, aber noch im Gang befindlichen Untersuchungen von Tiemann und seinen Mitarbeitern über diesen Gegenstand*) folgende Hauptergebnisse angeführt. Zuerst wurden das Vanillin, ferner das Coniferin und dessen Spaltungsprodukt dem vorsichtigen Schmelzen mit Kalihydrat bis zum Aufhören der Wasserstoffentwickelung unterworfen; durch diesen Oxydationsproceß entstand nun, wie erwartet, Protocatechusäure, welche durch die Schmelzpunktbestimmung, die Analyse,

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, S. 608; 1875, S. 509, 1123, 1127; 1876, S. 52, 409.

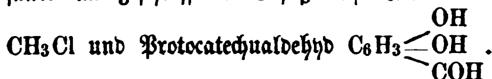
die charakteristische Reaction gegen Eisenchlorid u. s. f. sicher erkannt wurde. Ferner lieferte dieses Produkt bei der trocknen Destillation im Wasserstoffstrom unter Abspaltung von Kohlensäure das am Schmelzpunkt, an der Zusammensetzung und der charakteristischen Reaction gegen Eisenchlorid ebenfalls sicher zu erkennende Brenzcatechin, welches auch direct bei der Verkohlung von Vanillin, Coniferin und dessen Spaltungsprodukt entsteht. Die Protocatechusäure ist nun eine der 6 Isomerieen der Dioxybenzoesäure (dihydroxylirte Phenylmonocarbonsäure), während das Brenzcatechin eines der 3 isomeren Dioxybenzole (Diphenole) ist; der Uebergang der Protocatechusäure in Brenzcatechin entspricht der Formel:



$$C_6H_3 \begin{cases} OH \\ OH \\ COOH \end{cases} = CO_2 + C_6H_4 < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}.$$

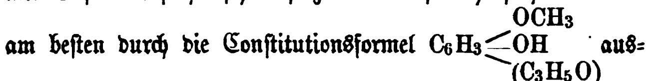
Durch die Bildung dieser beiden Verbindungen ist aber bewiesen, daß das Vanillin und das Spaltungsprodukt des Coniferins der Gruppe der aromatischen Verbindungen oder Benzolderivate und zwar der Protocatechureihe angehören, da in beiden Verbindungen die Atomgruppe $C_6H_3 \begin{cases} O— \\ O— \\ C— \end{cases}$ enthalten sein muß. Da nun die empirische Formel des Vanillins $C_8H_8O_3$ ist, da es also keine wirkliche Säure sein kann, insofern es die Gruppe (COOH) nicht enthalten kann, und da es doch einatomige Salze bildet, so muß die Constitution des Vanillins nach Tiemann folgende sein: $C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ COH \end{cases}$, d. i. primärer Monomethyläther des Protocatechualdehyds. Daß das Vanillin in der That zugleich Phenol und Aldehyd ist, zeigt sich deutlich durch seine früher angegebenen Eigenschaften und durch seinen später zu erwähnenden Uebergang in eine Säure und einen Alkohol. Daß es zugleich als Aether (Phenetol) die Gruppe Methoxyl (OCH_3) enthält, geht aus dem Verhalten zu den Halogenwasserstoffsäuren hervor
o bildet sich beim Erhitzen von Vanillin mit verdünnter Salz-

säure im geschlossenen Gefäß auf circa 200° Methylchlorid

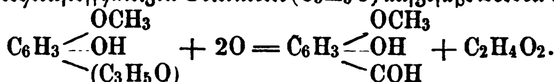


CH_3Cl und Protocatechualdehyd $C_6H_3 \begin{cases} OH \\ OH \\ COH \end{cases}$.

Was nun das **Spaltungsprodukt** des **Coniferins**, $C_{10}H_{12}O_3$, anlangt, so liefert es bei der Oxydation Vanillin und Aethylaldehyd bez. Essigsäure; ferner bildet es mit Basen einfache Phenolsalze und diese Thatsachen werden

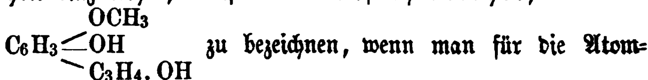


am besten durch die Constitutionsformel $C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ (C_3H_5O) \end{cases}$ ausgedrückt, sodaß der Uebergang in Vanillin als eine Oxydation der kohlenstoffhaltigen Seitenkette (C_3H_5O) aufgefaßt werden kann:



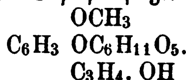
$$C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ (C_3H_5O) \end{cases} + 2O = C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ COH \end{cases} + C_2H_4O_2.$$

Die Atombindung in der Seitenkette soll nach **Tiemann** folgende sein: ($C_3H_4.OH$) oder ausführlicher ($CH{=}CH{-}CH_2OH$) und dann ist das Spaltungsprodukt in die aromatischen Alkohole einzureihen, es ist als **Coniferylalkohol**,



$C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ C_3H_4.OH \end{cases}$ zu bezeichnen, wenn man für die Atomgruppe $C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OH \\ C_3H_4- \end{cases}$ den Namen **Coniferyl** einführt. Offenbar ist diese Verbindung zugleich Alkohol und Phenol.

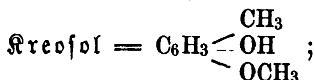
Das **Coniferin** kann als ätherartige Verbindung aufgefaßt werden, als Coniferylalkohol, in welchem der Wasserstoff des Benzolhydroxyls durch den Zuckerrest ($C_6H_{11}O_5$) vertreten ist und es käme diesem Glycosid folgende Formel zu:

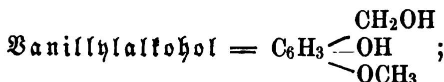


$$C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ OC_6H_{11}O_5. \\ C_3H_4.OH \end{cases}$$

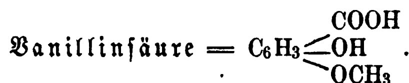
Tiemann und Gen. haben nun die Kenntniß der **Beziehungen von Vanillin und Coniferylalkohol zu anderen Verbindungen** zu vervollständigen gesucht. Jedem Aldehyd entspricht eine Säure, ein Alkohol und ein Kohlenwasserstoff, jedem Alkohol entspricht ein Kohlenwasserstoff, und,

wenn derselbe ein primärer ist, auch ein Aldehyd und eine Säure; *Tiemann* ist es nun zum größten Theil gelungen, die übrigen Glieder der von der Theorie angedeuteten Vanillin- und Coniferylreihe darzustellen. Durch lange Zeit fortgesetzte Behandlung von Vanillin mit entstehendem Wasserstöff (Natriumamalgam und Wasser) erhält man den Vanillylalkohol, und durch sehr vorsichtige Oxydation geht das Vanillin in Vanillinsäure über, welche allerdings besser aus dem Coniferin dargestellt wird. Die zu diesen beiden neuen Verbindungen gehörige kohlenwasserstoffartige Substanz mußte das *Kreosol*, ein längst bekannter Abkömmling des Toluols und Bestandtheil des Buchenholzkreosotes sein; bis jetzt ist es aber nur möglich gewesen, aus dem Kreosol die Vanillinsäure darzustellen. Die *Vanillinreihe*, deren Glieder *Abkömmlinge des Toluols*, $C_6H_5 . CH_3$, sind, ist nun folgende:

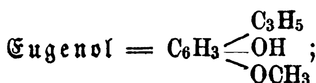

Kreosol = $C_6H_3 \begin{cases} CH_3 \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;


Vanillylalkohol = $C_6H_3 \begin{cases} CH_2OH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;

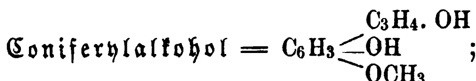

Vanillylaldehyd (Vanillin) = $C_6H_3 \begin{cases} COH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;


Vanillinsäure = $C_6H_3 \begin{cases} COOH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$.

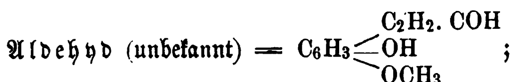
Ferner ist es wenigstens gelungen, aus Vanillin die Säure der Coniferylreihe, die schon bekannte, in Asa foetida enthaltene *Ferulasäure* darzustellen und diese wieder in Vanillin und Vanillinsäure zu verwandeln; es wurde ferner Vanillin und Vanillinsäure dargestellt aus dem sauerstoffhaltigen Hauptbestandtheil des Gewürznelkenöles, dem *Eugenol*, welches als die kohlenwasserstoffartige Verbindung der Coniferylreihe anzusehen ist. Die *Coniferylreihe*, deren Glieder *Abkömmlinge des Kohlenwasserstoffes Phenylpropylen* $C_6H_5 . C_3H_5$ sind, ist daher folgende:



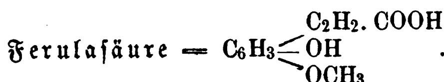
Eugenol $= C_6H_3 \begin{cases} C_3H_5 \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;



Coniferylalkohol $= C_6H_3 \begin{cases} C_3H_4 . OH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;

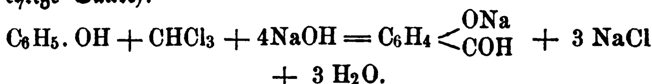


Aldehyd (unbekannt) $= C_6H_3 \begin{cases} C_2H_2 . COH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$;



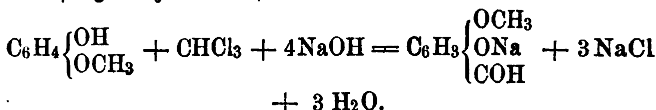
Ferulasäure $= C_6H_3 \begin{cases} C_2H_2 . COOH \\ OH \\ OCH_3 \end{cases}$.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß neuestens von C. Reimer*) eine Methode der Darstellung von Vanillin aus Guajacol $= C_6H_4 \begin{cases} OH \\ OCH_3 \end{cases}$, einem Bestandtheil des Buchenholzkreosotes, angegeben worden ist, welche für die Bildung der aromatischen Aldehyde allgemein giltig sein soll. Sie besteht in der Behandlung des betreffenden Phenoles mit Chloroform und Natriumhydroxyd und in der Zersetzung der entstandenen Natriumverbindung mit verdünnter Säure. So bildet sich aus Phenol der Salicylaldehyd (salicylige Säure):



$$C_6H_5 . OH + CHCl_3 + 4 NaOH = C_6H_4 \begin{cases} ONa \\ COH \end{cases} + 3 NaCl + 3 H_2O.$$

Die Entstehung des Vanillins würde demnach durch folgende Gleichung auszudrücken sein:



$$C_6H_4 \begin{cases} OH \\ OCH_3 \end{cases} + CHCl_3 + 4 NaOH = C_6H_3 \begin{cases} OCH_3 \\ ONa \\ COH \end{cases} + 3 NaCl + 3 H_2O.$$

*) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876, S. 423.

Nekrolog

ür das Jahr 1875.

Karl Theodor Andree, als geographischer Schriftsteller, namentlich durch seine Arbeiten über Amerika, rühmlichst bekannt, geboren 30. October 1808 zu Braunschweig, starb 12. August im Bade Wildungen.

Friedrich Anthon, um die technische Chemie und Industrie Böhmens verdienter Chemiker, starb zu Prag 9. September im Alter von 62 Jahren.

Friedrich Wilhelm August Argelander, hervorragender Astronom, geboren 22. März 1799 in Memel, starb in Bonn am Morgen des 17. Februar. A. war ein Schüler von Bessel und seit 1822 dessen Gehilfe an der Sternwarte, sowie Privatdocent an der Universität Königsberg; 1823 wurde er nach Abo als Director an die neuerbaute Sternwarte und als Professor an die Universität berufen; 1832 erfolgte seine Versetzung in die gleiche Stellung nach Helsingfors, wo unter seiner Leitung eine neue Sternwarte gebaut wurde, und 1837 folgte er einem Rufe an die Universität Bonn, wo er ebenfalls wieder den Bau einer neuen Sternwarte zu leiten hatte. Von besonderer Bedeutung sind seine Uranometria nova (1834), seine Zonenbeobachtungen (Bd. 1 u. 2 der „Astron. Beob. auf der Sternwarte zu Bonn"), sein „Atlas des nördl. gestirnten Himmels" (40 Karten, 1857—63) und seine Arbeiten über veränderliche Sterne (7. Bd. der Bonner Beobachtungen).

Heinrich Louis d'Arrest, verdienstvoller Astronom, geboren 13. August 1822 in Berlin, Schüler Encke's, 1848 Observator auf der alten Leipziger Sternwarte, 1857 Nachfolger von Olufsen als Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Kopenhagen, die unter seiner Leitung neu erbaut wurde, starb 14. Juni. Seine Forschungen galten vorzüglich den Nebeln und der Spectralanalyse der Fixsterne; einer der periodischen Kometen, dessen kurze Umlaufszeit er berechnete, trägt seinen Namen, auch entdeckte er den Planetoiden Freia. Seine Arbeiten finden sich in den „Astron. Nachrichten" und den Schriften der Leipziger und der Kopenhagener Gesellschaft der Wissenschaften.

Friedrich Gottlieb Bartling, geboren zu Hannover 9. December 1798, 1820 Privatdocent, 1831 Professor der Botanik an der Universität Göttingen, 1837 Director des dortigen botanischen

Gartens, dann ordentliches Mitglied der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, starb 19. November.

Wilhelm Bauer, genialer Erfinder unterseeischer Fahrzeuge, Geschütze, Hebevorrichtungen, geboren 23. December 1822 zu Dillingen in Schwaben, 1848 bei der bayrischen Reiterei, dann bei der Artillerie, 1855—58 in russischen Diensten, dann in Lindau am Bodensee lebend, wo er den gesunkenen Dampfer „Ludwig" hob, eine Zeit lang in preußischen Diensten, zuletzt in Bayern lebend, starb nach langem Gichtleiden in München 18. Juni.

Friedrich Becker, großherzogl. hessischer Oberst, Topograph und Geolog, geboren 30. December 1809 zu Rödelheim, starb 9. Juni in Darmstadt. B. hat sich um die topographische Aufnahme und geologische Erforschung des Großherzogthums Hessen vielfache Verdienste erworben; er nahm auch 1851 an der Gründung und bis zu seinem Tode an der Geschäftsführung des Mittelrheinischen Geologischen Vereines Theil.

Hermann Beitter, Director des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereines, ein bedeutender Techniker, starb 15. Januar.

Ernst Blasius, ausgezeichneter Chirurg, geboren 20. November 1802 in Berlin, 1829 Privatdocent der Chirurgie, 1830 außerordentlicher und 1834 ordentlicher Professor an der Universität Halle, starb 11. Juli.

Georg Ludwig Carius, geboren 24. August 1829 zu Barbis in Hannover, seit 1855 Privatdocent für Chemie in Heidelberg und Assistent Bunsen's, 1861 außerordentlicher Professor und 1865 an Kolbe's Stelle ordentlicher Professor der Chemie in Marburg, starb am 24. April an Lungenschwindsucht. Seine Arbeiten sind meist in den „Annalen der Chemie und Pharmacie" abgedruckt.

Richard Christopher Carrington, englischer Liebhaber der Astronomie, besonders bekannt durch seine langjährigen, auf seiner Privatsternwarte zu Redhill (51° 14′ 25″ nördl. Br., 41,2 Sec. westl. von Greenwich) mit einem Aequatoreal von 14 Centim. Oeffnung ausgeführten Sonnenfleckenbeobachtungen (vergl. Jahrg. I dieses Jahrb., S. 30), deren Ergebnisse theilweise auf Kosten der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften in dem Werke „Observations of the spots on the sun, from Nov. 9, 1853 to March the 24, 1861, made at Redhill. With 166 plates" (London 1864) veröffentlicht wurden. Vorher war C. in Durham thätig, auch beobachtete er in den ersten Jahren nach Einrichtung des Redhiller Observatoriums (1852) daselbst Circumpolarsterne, vergl. „A catalogue of 3735 circumpolar stars, observed at Redhill" (Lond. 1857).

Joseph Chabina, Assistent für Zoologie in Graz, starb 7. Juni.

Edouard Collomb, französischer Geolog, Begleiter von Agassiz auf dessen Gletscherreisen in der Schweiz, nachher mit Verneuil in Spanien, starb 28. Mai im Alter von 79 Jahren.

Dalmann, durch seine Quaisbauten in Hamburg bekannter Ingenieur, ein Autodidact, geborner Lübecker, seit drei Jahrzehnten in Hamburgischen Wasserbauten thätig, seit 1860 Wasserbaudirector daselbst, starb 2. August im Alexanderbad bei Wunsiedel.

Georg Decher, von 1843—64 an der ehemaligen polytechnischen Schule in Augsburg Professor der Mechanik und Vermessungskunde, starb 28. August zu Neufahrn. Außer verschiedenen Aufsätzen in „Grunert's Archiv" und „Dingler's Journal" veröffentlichte er 1851 bis 1861 ein „Handbuch der rationellen Mechanik".

Gérard Paul Deshayes, Professor am Muséum d'histoire naturelle in Paris, durch seine Forschungen über Schalthiere bekannt, starb 9. Juni im Alter von 79 Jahren zu Boran (Dep. Oise).

Duchenne, französischer Arzt, welcher sich um die Anwendung der Elektricität auf Medicin und Chirurgie große Verdienste erworben hat, früher in Boulogne sur Mer, seit 1846 in Paris lebend, starb 70 Jahre alt am 18. September.

Guillaume Henry Dufour, schweizerischer General, geboren 15. September 1787 in Konstanz, Schüler der Pariser Polytechnischen Schule, als Director der Militärschule zu Thun Lehrer Napoleons III, durch seine treffliche topographische Karte der Schweiz (25 Blätter, 1842—65) bekannt, starb 14. Juli in Genf.

Moritz Rudolph Ferber, Geh. Commerzienrath und Chef der Firma „Morand u. Comp." in Gera, als Krystallograph und Mineralog rühmlich bekannt, starb 28. August, 71 Jahre alt. F. war der Nachfolger von Goethe und Fürst Demidoff als Präsident der großherzogl. sächs. Gesellschaft für Mineralogie und Geologie; seine Mineraliensammlung galt für eine der größten Privatsammlungen des Continents und war besonders reich an Meteoriten.

Alexander George Findlay, hochverdienter Hydrograph, geboren 6. Januar 1812 in London, starb 3. Mai in Dover.

Karl Nikolaus Fraas, als landwirthschaftlicher Schriftsteller in weiten Kreisen bekannt, geboren 8. September 1810 zu Settelsdorf bei Bamberg, 1835 Hofgarteninspector, sowie Professor der Botanik an der Universität in Athen, 1842 Lehrer an der Landwirthschafts- und Gewerbeschule in Freising, 1845 Professor der Technologie und Chemie an der Centrallandwirthschaftsschule in Schleißheim, seit 1847 Professor der Landwirthschaft an der Universität München, seit 1851 auch Director der dortigen Centralthierarzneischule, starb 9. November.

Johann Gottfried Friedlein, durch eine Reihe mathematisch-historischer Arbeiten rühmlichst bekannt, geboren 5. Januar 1828 zu Regensburg, 1850—53 Assistent am Gymnasium in Regensburg, 1854—62 Lehrer in Erlangen, 1862 Professor der Mathematik in Ansbach, 1868 Studiendirector in Hof, später Vorstand der höheren Töchterschule daselbst, starb 20. Juni.

Moritz Geiß, der Begründer der Berliner Zinkguß-Industrie, geboren 7. September 1805 in Berlin als Sohn des 1846 daselbst verstorbenen Eisengießereibesitzers Joh. Conrad G. aus Offenbach, starb 10. September. Bis 1826 wandte man das Zink nur zu Dachplatten und zu ähnlichen Zwecken an; Versuche zu anderweitiger Verwendung scheiterten an der Sprödigkeit des Metalls. Der Verein für Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen stellte nun damals die Frage: „Wie muß Zink behandelt werden, um es als Metall allgemein verwendbar zu machen?" Dieselbe wurde vom Oberbaurath Krieger in

Berlin gelöst, Geiß aber hat die Erfindung in's Große übertragen. Zunächst fing er an Säulen, Capitäle und andere Ornamente aus Zink zu gießen, später kamen Statuen an die Reihe. Auf der ersten Londoner Weltausstellung befand sich ein Geiß'scher Zinkabguß von Kiß's Amazone, spätere Werke sind das Portal der Werder'schen Kirche, die Reliefs an der neuen Wache, Galerie, Thüren und Einrichtung der Schloßcapelle in Berlin, das Monument zur 400jährigen Jubelfeier der Universität Greifswald (1856), die Denkmäler in Dessau und Oranienburg, Rauch's Victoria, die Ringer von Mollin, Kirchenschmuckgegenstände aller Art ꝛc. 1844 veröffentlichte G. ein Werk über Zinkornamentik.

Johann Gottlieb, verdienstvoller, namentlich durch seine Untersuchungen über die Fettsäuren bekannter Chemiker, geboren 15. Februar 1815 zu Brünn, seit 1846 Professor der Chemie an der technischen Hochschule in Graz, zuletzt Rector magnificus derselben, starb 4. März am Schlagflusse.

John Edward Gray, geboren 1806 in Walsall, Staffordshire, vorzüglich auf dem Gebiete der Biologie thätiger englischer Naturforscher, seit 1824 an der zoologischen Abtheilung des Britischen Museums angestellt, seit 1840 Custos derselben, starb 7. März in London.

W. J. Henwood, als gründlicher Kenner der Erzlagerstätten in Cornwall und Devonshire bekannter Geolog, geboren 15. Juli 1805, ursprünglich in einem kaufmännischen Geschäft in Falmouth thätig, dann beim Bergwesen in Cornwall angestellt, starb 5. August in Penzance. Sein Hauptwerk ist die Arbeit „On the metalliferous deposits of Cornwall and Devon“ im 5. Bande der „Transactions of the Royal Geological Society of Cornwall“.

Johann Christian Jüngken, berühmter Ophthalmolog und Operateur, geboren 12. Juni 1793 in Burg bei Magdeburg, 1818 Privatdocent und 1828—68 Director der ophthalmiatrischen, 1840 bis 1868 auch der chirurgischen Klinik in Berlin, starb 8. September als preußischer Geh. Obermedicinalrath.

Ludwig Kargl, Professor der Mechanik am Züricher Polytechnicum, starb 29 Jahre alt im December.

Emil Kopp, bekannter Chemiker, geboren 3. März 1817 zu Wasselnheim im Elsaß, 1847 Professor der Toxikologie an der medicinischen Facultät in Straßburg, 1849 Professor der Physik und Chemie in Lausanne, Anfang der fünfziger Jahre in der chemischen Fabrik von Steiner in Accrington bei Manchester thätig, 1855 Director des Gerhardt'schen Laboratoriums in Paris, 1868 am Turiner und seit 1871 an seines Schwiegervaters Bolley Stelle als Professor der technischen Chemie am Polytechnicum Zürich thätig, starb daselbst 30. November.

Cyrille Laplace, durch zwei wissenschaftliche Erdumsegelungen bekannter französischer Viceadmiral, geboren 7. November 1793 auf einem Handelsschiffe, auf dem seine Mutter der Ermordung der Weißen auf San Domingo entfloh, starb 24. Januar in Brest. Die Resultate seiner beiden Erdumsegelungen sind veröffentlicht in dem vierbändigen Werke „Voyage autour du monde, par les mers de l'Inde

et de Chine, exécuté sur la corvette de l'état la Favorite pendant 1830—32" (Paris 1833—35) und dem sechsbändigen „Campage de circumnavigation de la frégate l'Artémise pendant les années 1837—40" (Paris 1840—54).

Sir William Edmond Logan, verdienstvoller Geolog, starb im Juni. Von schottischen Eltern im J. 1798 in Montreal geboren, in Schottland erzogen, wandte sich L. zunächst der Erforschung der Kohlenfelder von Südwales zu und stand dann 1843—69 an der Spitze der geologischen Landesaufnahme von Canada, die namentlich über das Vorkommen der älteren Formationen in Nordamerika werthvolle Aufschlüsse gegeben hat.

Georg Lohde, durch mehrere tüchtige Arbeiten („Ueber die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen", „Zur Kenntniß der Gattung Glococystis", „Insectenepidemien, welche durch Pilze hervorgerufen werden") bekannter Pflanzenphysiolog, starb 19. October in Teplitz in jugendlichem Alter.

v. Luschka, Professor der Anatomie an der Universität Tübingen, starb daselbst nach längerem Leiden 1. März.

Sir Charles Lyell, der größte Reformator der Geologie seit ihrer Begründung als selbstständige Wissenschaft durch Werner, geboren 11. November 1797 zu Kinnardy, Forforshire, als ältester Sohn des Botanikers Ch. Lyell, starb 22. Februar in London. Von 1816 an studirte er in Oxford, um sich zum Juristen auszubilden, beschäftigte sich aber daneben mit naturwissenschaftlichen Studien; 1821 trat er in London in den Advocatenstand, ohne indessen zu practiciren, vielmehr wandte er sich mit Eifer geologischen Studien zu und wurde Mitglied der Geological Society of London, in deren Transactions er 1826 seine erste selbstständige Arbeit über die Süßwasserablagerungen von Forforshire veröffentlichte. In den Jahren 1830—33 erschienen seine Principles of Geology, welche 10 Auflagen erlebt haben, 1837 die Elements of Geology (in neuen Bearbeitungen als Manual of Elementary Geology 1851 und The Students Manual of Geology 1871). Lyell's Werke machten besonders dadurch Aufsehen, daß sie im Gegensatze zu den bis dahin allgemein angenommenen allgemeinen Erdrevolutionen, welche plötzliche Umwälzungen, Hebungen von Gebirgen nnd Ueberfluthungen weiter Länderstrecken herbeigeführt haben sollten, darauf hinwies, daß die gegenwärtig zu beobachtenden geologischen Vorgänge vollständig zur Erklärung des Baues der festen Erdkruste ausreichen, wenn sie sich nur oft genug, in hinreichend großen Zeiträumen wiederholen, ein Satz, dessen Richtigkeit gegenwärtig allgemein anerkannt wird. Zur Begründung seiner Ansichten unternahm L. Reisen nach Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien, der Schweiz, Skandinavien und Nordamerika; über die Ergebnisse hat er in zahlreichen Journalartikeln, über die beiden amerikanischen Reisen in den Travels in North America 1841 und Second visit to the United States 1845 berichtet. In seinem letzten großen Werke The geological evidence of the antiquity of man (1863) legte er zahlreiche Beweise dafür vor, daß das Alter des Menschengeschlechts weit über die gewöhnliche Annahme zurückreiche, wenn auch eine genaue Bestim-

nung, selbst nach Jahrtausenden, unmöglich sei. — Seiner Verdienste um die Wissenschaft wegen wurde L. 1834 zum Präsidenten der Londoner geologischen Gesellschaft, 1848 zum Knight, 1864 zum Baronet und 1855 von der Universität Oxford zum Doctor der Rechte ernannt; er ruht in Westminster-Abtei.

Claude Louis Mathieu, französischer Astronom und Mathematiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris, starb 6. März. Geboren 25. November 1783 als Sohn eines Tischlers in Macon, trat M. 1803 in die Pariser Polytechnische Schule ein, erhielt dann 1806 an Arago's Stelle einen Platz an der Sternwarte, trat später in das Längenbureau ein, dessen „Annuaire" er dreißig Jahre lang herausgab, wirkte auch als Professor der Analysis und Mechanik an der Polytechnischen Schule, war 1835—48 Vertreter seiner Vaterstadt in der Abgeordnetenkammer, 1848 Mitglied der Constituante, lieferte als Mitglied der Ausstellungsjuries in London und Paris werthvolle Berichte über Präcisionsinstrumente, führte auch den Vorsitz in der internationalen Metercommission. Zahlreiche Arbeiten von ihm enthalten die „Connaissance des temps" und das „Annuaire du bureau des longitudes"; auch gab er 1827 Delambre's „Histoire de l'Astronomie au dix-huitième siècle" heraus.

Jacob Mayer, technischer Director des Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrication in Bochum, der Erfinder des Façongußstahles, starb 30. Juli.

Johann Heinrich Jacob Müller, verdienstvoller Physiker, geboren 30. April 1809 in Kassel, Anfangs Realschullehrer in Gießen, in welcher Stellung er 1842 die deutsche Bearbeitung von Pouillet's „Elements de Physique" herausgab, seit 1844 Professor der Physik an der Universität Freiburg i. B., starb 3. October. Müller's Name ist in weiten Kreisen bekannt geworden besonders durch das schon erwähnte treffliche „Lehrbuch der Physik und Meteorologie", das in den späteren Auflagen (7. Aufl. 1868) sich zu einem ganz selbstständigen Werke entwickelte und dem er 1856 noch ein „Lehrbuch der kosmischen Physik" als Ergänzungsband hinzufügte (4. Auflage 1875). Außer mehreren mathematischen Elementarbüchern und dem „Grundriß der Physik" (9. Aufl.) hat M. auch in Poggendorff's Annalen Arbeiten veröffentlicht.

August Müller, Professor der Anatomie an der Universität Königsberg, starb zu Hopfgarten in Tyrol Anfang October.

Johann Jacob Müller, verdienter Physiker, geboren 4. Mai 1846 zu Seen bei Winterthur, nachdem er in Zürich Medicin studirt Assistent am physiologischen Laboratorium von Ludwig in Leipzig, sowie Privatdocent an der dortigen Universität, als Forscher auf dem Gebiete der Optik thätig, seit 1872 Professor der Physik am Polytechnicum in Zürich, starb daselbst 15. Januar.

Nauk, Professor und Director des Baltischen Polytechnicums in Riga, starb 26. Januar.

Ernst Ferdinand Nolte, seit 1826 Professor der Botanik an der Universität Kiel, um die Erforschung der Landesflora verdient, starb 83 Jahr alt am 13. Februar.

F. W. Nottebohm, Geh. Oberbaurath und vortragender Rath im preußischen Handelsministerium, früher Director der Gewerbe-Akademie in Berlin, starb 2. Nowember im Alter von 62 Jahren.

Frank Oates, durch seine Reisen in Nord- und Mittel-Amerika sowie in Südafrika bekannter Naturforscher, geboren 6. April 1840 zu Meanword Side bei Leeds, starb 5. Februar auf der Rückreise von den Victoria-Fällen des Zambesi im Makalaka-Lande, 80 engl. Meilen nördlich von Tati.

Jean Baptiste Julian d'Omalius d' Halloy, bedeutender Geolog und Ethnolog, geboren 16. Februar 1795 zu Lüttich, starb 15. Januar in Brüssel. Nachdem er unter der französischen Herrschaft verschiedene Verwaltungsämter bekleidet, war er während der Holländischen Regierung (1815—1830) Gouverneur der Provinz Namur, seit 1848 Mitglied und seit 1851 Vicepräsident des belgischen Senats. Schon 1808 erschien von ihm ein Versuch über die Geologie des nördlichen Frankreich; von den späteren Schriften sind zu nennen: „Elements de géologie“ (1831), „Introduction à la géologie“ (1839), „Précis élémentetaire de geologie“ (1843), „Abrégé de géologie“ (1853), „Des races humaines ou éléments d'ethnographie“ (1843). In dem Memoirs der belgischen Akademie, deren Präsident er wiederholt war, hat er viele geologische Arbeiten und außerdem eine Reihe von „Notes sur la classification des races humaines“ veröffentlicht.

Sherard Osborn, englischer Rear-Admiral, um die Erforschung der Nordpolgegenden verdient, geboren 25. April 1822, starb 6. Mai in Loudon.

Oscar Ferdinand Peschel, hervorragender geographischer Schriftsteller, geboren 17. März 1825 in Dresden, lange Zeit Mitredacteur der „Allgem. Zeitung“, dann Redacteur des „Ausland“, zuletzt Professor der Geographie an der Universität Leipzig, starb 31. August.

Ignazio Porro, geboren 1795 in Pignerol, Anfangs im Ingenieurcorps dienend, 1822 bei der italienischen Parallelkreismessung, 1832 mit der Vermessung des Herzogthums Genua beschäftigt, 1842 Director einer Eisenbahnwagenbauanstalt, nachher auf Reisen, längere Zeit in Frankreich, dann Professor an der Polytechnischen Schule zu Mailand, starb daselbst 9. October.

Johann Prettner, Director der Baron Herbert'schen Bleiweiß-Fabrik in Klagenfurt, geboren 24. Januar 1812 zu Glanegg im Glanthale, starb 18. März in Klagenfurt. P. erwarb sich bedeutende Verdienste um die Geologie Kärnthens, indem er nicht nur selbst seit 1842 Beobachtungen anstellte, sondern auch zahlreiche Beobachtungsstationen gründete, u. a. auf der Hochobir (2043 Meter) und der Golzeche Fleuß (2800 Mtr.). Außer zahlreichen in periodischen Schriften zerstreuten Aufsätzen, von denen die Zeitschrift „Carinthia“ (1875, Nr. 4 u. 5) ein Verzeichniß giebt, veröffentlichte er noch „Klima und Witterung von Klagenfurt“ (1865) und „Das Klima von Kärnthen nach den an 42 Beobachtungsstationen angestellten Beobachtungen dargestellt“ (1872).

Richard von Rees, geboren 24. Mai 1719 zu Nimwegen,

1821—31 Professor der Mathematik in Lüttich, dann bis 1838 in gleicher Stelle an der Universität Utrecht, 1836—67 daselbst Professor der Physik, starb Ende August.

Augustin Reslhuber, der durch seine astronomischen und meteorologischen Studien verdiente Abt des Stiftes Kremsmünster in Oberösterreich, starb 29. September. Geboren 5. Juli 1808 zu Saaß bei Garsten als Sohn eines kleinen Bauerngutsbesitzers, bezog R. 1820 das Gymnasium und trat 1828 in das Stift ein. Später studirte er 3 Jahre an der Wiener Universität, hörte bei Ettinghausen und Littrow Mathematik und Astronomie, ward 1847 Director der Stiftssternwarte und zugleich bis 1854 Professor der Naturgeschichte, 1860 Abt des Stiftes, 1865 Ehrendoctor der Philosophie der Wiener Universität; im J. 1853 ernannte ihn die Wiener Akademie der Wissenschaften zu ihrem correspondirenden Mitgliede.

Karl Gustav Reuschle, durch mathematische, naturwissenschaftliche und geographische Arbeiten bekannt, geboren 26. December 1812 im Pfarrhause Mehrstetten in Württemberg, starb 22. Mai in Stuttgart als Professor der Mathematik, Physik und Geographie am dortigen Gymnasium. Nachdem er in Tübingen Theologie und Philosophie studirt, auch das theologische Examen bestanden hatte, studirte er noch daselbst und nachher in Paris und Berlin je ein Jahr Mathematik und Naturwissenschaften, wurde dann kurze Zeit in Schönthal, 1838 bis 40 in Tübingen Repetent und erhielt 1840 die Stelle am Stuttgarter Gymnasium, welche er bis an seinem Tod bekleidete. Sein mathematisches Hauptwerk sind die „Tafeln complexer Primzahlen", welche kurz vor seinem Tode von der Berliner Akademie veröffentlicht wurden. Von seinen übrigen selbstständigen Werken mögen genannt werden „Kosmos für Schule und Laien" (1848), „Vollständiges Lehrbuch der Geographie: 1. Physik der Erde (1851), 2. Beschreibende Geographie" (1852, 4. Aufl. 1872), „Kepler und die Astronomie" (1871 zum 300jährigen Jubiläum von Kepler's Geburt) und „Philosophie und Naturwissenschaft" (1874 dem Andenken seines Freundes Strauß gewidmet).

F. S. Richelot, berühmter Mathematiker, geboren 6. November 1808 in Königsberg, 1831 Privatdocent der Mathematik, 1832 außerordentlicher und 1844 ordentlicher Professor an der dortigen Universität, starb 1. April. Zahlreiche Arbeiten von ihm enthält Crelle's Journal.

Ruva, bedeutender italienischer Ingenieur, in Ancona geboren, nach Vollendung seiner Studien Professor der angewandten Mechanik an der Ingenieurschule in Turin und Chef des Civilingenieurcorps, schließlich, nachdem er sich durch seine Erfindungen im Eisenbahnwesen europäischen Ruf erworben, Betriebsdirector der meridionalen Eisenbahnen, starb 15. November in Neapel.

Karl Johann August Theodor Scheerer, geboren 25. August 1813 in Berlin, 1833—39 Hüttenmeister auf dem Blaufarbenwerke Modum in Norwegen, 1841—47 Lector an der Universität Christiania, 1848—73 Professor der Chemie und Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Freiberg, Mitglied der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, starb 20. Juli in Dresden.

Karl Schnabel, lange Zeit hindurch Director der Realschule in Siegen, um Mineralogie und Chemie verdient, bekannt durch zahlreiche Analysen der Mineralwässer Westfalens, starb 11. September im 67. Altersjahre.

Heinrich Ludwig Friedrich Schrön, geboren 17. Februar 1799 in Weimar, seit 1834 Professor an der Universität Jena und Director der dortigen Sternwarte, bekannt als Herausgeber trefflicher Logarithmentafeln, starb 18. Mai.

Anton Schrötter Ritter von Kristelli, hochverdienter Chemiker, der Entdecker des amorphen Phosphors, geboren 26. Nov. 1802 in Olmütz, anfangs Adjunct an der Wiener Universität, dann Professor am Grazer Johanneum und nachher am Polytechnicum in Wien, zuletzt Director der Wiener Münze, seit 1847 Mitglied der Wiener Akademie, starb 15. April.

Heinrich Samuel Schwabe, geboren 25 October 1789 in Dessau, von 1806 an bei seinem Großvater Häseler Apothekerlehrling, 1809 in Berlin unter Klaproth, Hermbstädt, Wildenow, Tourte studirend, 1811—29 Besitzer der großväterlichen Apotheke, um die Astronomie hochverdient durch seine seit der Mitte der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts bis in sein 80stes Jahr fortgesetzte Beobachtung der Sonnenflecken, deren Periodicität er entdeckte, auch Verfasser einer **Flora Anhaltina**, starb 11 April in Dessau als anhaltinischer Hofrath.

Friedrich Julius Seif, geboren 20 October 1821 in Leipzig, Ingenieur erst bei Borsig in Berlin, dann bei Cockerill in Seraing und Stephenson in Newcastle on Tyne, hierauf 9 Jahr lang Maschinenmeister und Leiter der Reparaturwerkstatt der Magdeburg-Halberstädter Eisenbahn in Halberstadt, alsdann nach $1/2$jährigem Aufenthalte in Egypten zweiter Leiter der Pflugk'schen Fabrik für Eisenbahnbedarf in Berlin, das letzte Jahrzehnt theils in Dresden, theils auf größeren Reisen auf Teneriffa, in Frankreich, Italien, Algerien, Cypern, Syrien, Kleinasien, starb 25. Mai zu Adana.

Marc Seguin, verdienstvoller französischer Techniker, der Erbauer der ersten größeren französischen Eisenbahn (Lyon-Sainte Etienne, 1825), geboren 20. April 1786 in Annonay als Neffe Montgolfier's des Erfinders der Luftballons, starb 24. Februar in seiner Vaterstadt. Außer zahlreichen Arbeiten in den Comptes rendus der Pariser Akademie, deren correspondirendes Mitglied er war, veröffentlichte er 1826 „Les Ponts en fil de fer“ und 1839 „Les Chemins de fer.“

K. J. Sundevall, angesehener Naturforscher, Professor in Lund, starb im Alter von 73 Jahren am 5. Februar.

A. G. Theorell, Docent für Mathematik an der Universität Upsala, in der wissenschaftlichen Welt bekannt als Erfinder eines meteorologischen Registrirapparates, der Barometerstand, Richtung und Stärke des Windes, Luftfeuchtigkeit und Temperatur aller Viertelstunden aufgezeichnet, starb 2. Juli im Alter von 41 Jahren.

Gustave Thuret, vermögender Privatmann, der sich durch seine botanischen Arbeiten verdient gemacht hat, starb 58 Jahr alt am 10. Mai in Nizza.

Charles Blacker Vignoles, ein auf dem Continente be-

sonders durch die nach ihm benannten Vignoles-Schienen bekannter Ingenieur, Sprößling einer französischen Hugenottenfamilie, starb 17. November auf seinem Landsitze Hythe bei Southampton, 83 Jahr alt. Nachdem er in seiner Jugend unter Wellington auf dem Continente gedient hatte, besuchte er Nordamerika; nach England zurückgekehrt widmete er sich mit Eifer dem Eisenbahnwesen, dessen Entwickelung er von Anfang an mit durchlebt und an dessen Ausbreitung in Großbritannien, wie auf dem europäischen Continente und in Amerika er hervorragenden Antheil genommen hat. Eines seiner Hauptwerke ist die prächtige Hängebrücke über den Dniepr bei Kiew (1848—53), welche 432,000 Pfd. Sterl. gekostet hat.

M. J. Weber, lange Zeit Prosector in Bonn und dann mit Max Schulze Director des anatomischen Instituts daselbst, bekannt als Herausgeber eines großen anatomischen Atlas, starb 28. Juli.

Sir Charles Wheatstone, englischer Physiker, geboren im Februar 1802 in Gloucester, starb auf der Reise in Paris 19. October. Sohn eines Musikers, sollte sich W. in London der Anfertigung musikalischer Instrumente widmen; eine Reihe physikalischer, zunächst akustischer Arbeiten führte ihn indessen in gelehrte Kreise ein und 1834 wurde er als Professor der Physik an King's College berufen. Er hat sich auf verschiedenen Gebieten der Physik, in der Akustik, Optik, vor allem aber in der Elektricitätslehre durch selbständige Forschungen einen ehrenvollen Ruf erworben. Bekannt sind seine Versuche zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes in metallischen Leitern (1834) mit Hilfe eines rotirenden Spiegels, ein Verfahren, welches gegenwärtig auch zu anderen Zwecken üblich ist; er ist ferner der Erfinder des Stereoskops (1838), er erkannte frühzeitig (1835) die Bedeutung der hellen Streifen im Spectrum des elektrischen Funkens zur Erkennung der Metalle, ferner verdanken wir ihm den Rheostaten und die „Wheatston'sche Brücke", vor allem aber hat er sich um sein Vaterland durch Einführung der elektrischen Telegraphen, im Verein mit Cooke seit 1837, Verdienste erworben.

Rudolf von Willemoes-Suhm, Zoolog der englischen Challenger-Expedition, starb am 13. September auf der Fahrt von Hawaii nach Tahiti. Im Holsteinschen geboren studirte W. in Bonn und Göttingen und habilitirte sich bald nachher als Privatdocent für Zoologie an der Universität München, wo er zugleich als Assistent des zoologischen Institutes thätig war. Obwohl ihn der Tod im jugendlichen Alter von 28 Jahren hinraffte, hat er doch eine große Reihe werthvoller Arbeiten hinterlassen, die theils in der „Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie", theils in dem Werke „Biologische Beobachtungen über niedere Thiere" (Leipzig 1871), theils in den „Annals and Magazine of Natural History" niedergelegt sind.

Joseph Winlock, einer der bedeutendsten amerikanischen Astronomen, seit 1865 Director der Sternwarte des Harvard College in Cambridge, Massachusetts, starb 11. Juni. Geboren im J. 1826 in Shelby County, Kentucky, wurde W. 1845 Professor der Mathematik und Astronomie am Shelby College, ging 1852 nach Cambridge und nahm unter Admiral C. H. Davis an der Berechnung des Nautical

Almanac theil, wurde dann folgeweise Assistent an der Marinesternwarte in Washington, Superintendent des Nautical Almanac, Director des mathematischen Departments der Marineschule in Annapolis und endlich Director der Sternwarte des Hamilton College und gleichzeitig Professor der Geodäsie an der Bergschule desselben Colleges.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.